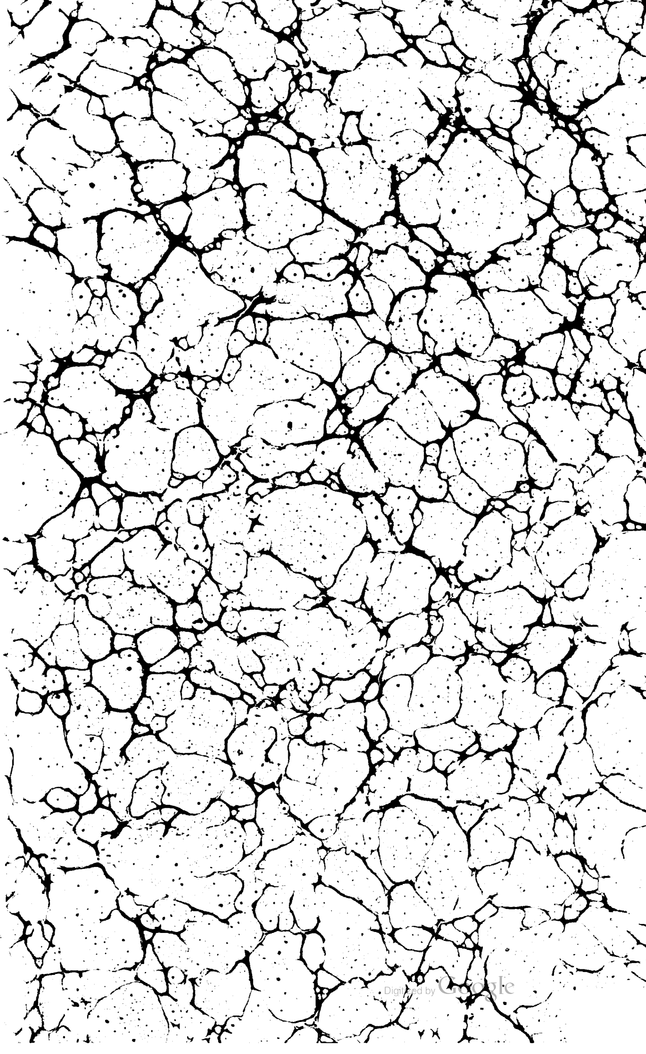

UC-NRLF
$B 265 908



ENCYCLOPÉDIE-RORET.

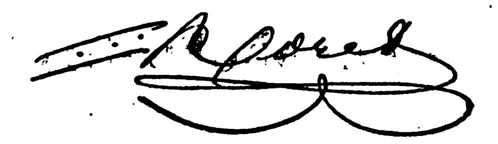
GALVANOPLASTIE.

TOME PREMIER.

AVIS.

Le mérite des ouvrages de l'**Encyclopédie-Roret** leur a valu les honneurs de la traduction, de l'imitation et de la contrefaçon. Pour distinguer ce volume, il porte la signature de l'Editeur, qui se réserve le droit de le faire traduire dans toutes les langues, et de poursuivre, en vertu des lois, décrets et traités internationaux, toutes contrefaçons et toutes traductions faites au mépris de ses droits.

Le dépôt légal de ce Manuel a été fait dans le cours du mois de novembre 1859, et toutes les formalités prescrites par les traités ont été remplies dans les divers États avec lesquels la France a conclu des conventions littéraires.



EN VENTE CHEZ LE MÊME LIBRAIRE :

Manuel d'Électricité médicale, ou **Éléments d'électro-biologie**, par M. Smee, 1 vol. orné de figures. Prix, 3 fr.

Manuel de Photographie sur Métal, sur Papier et sur Verre, au moyen de l'albumine, du collodion, etc., par M. De Valicourt, 2 vol. ornés de figures. Prix. . . 6 fr.

Manuel de Dorure et d'Argenture par la méthode électro-chimique et par simple immersion, par MM. Selmi et De Valicourt, 1 vol. Prix. . . . . 1 fr. 75

MANUELS-RORET.

NOUVEAU MANUEL COMPLET

DE

GALVANOPLASTIE

OU

ÉLÉMENTS D'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE

contenant

L'ART DE RÉDUIRE LES MÉTAUX A L'AIDE DU FLUIDE GALVANIQUE, POUR DORER, ARGENTER, PLATINER, CUIVRER, ETC., ETC.;

Par M. SMEE.

Augmenté d'un grand nombre de notes d'après MM. JACOBY, SPENCER, ELSNER, BECQUEREL, DE KOBELL, DE LA RIVE, ELKINGTON, DE RUOLZ, ETC.

Ouvrage publié par E. de VALICOURT,
et orné de Figures.

NOUVELLE ÉDITION, TRADUITE SUR LA TROISIÈME ÉDITION DE L'ORIGINAL ANGLAIS,

ENTIÈREMENT REFONDUE ET MISE AU COURANT DE TOUTES LES DÉCOUVERTES NOUVELLES.

Cuique suum.

TOME PREMIER.

PARIS

A LA LIBRAIRIE ENCYCLOPÉDIQUE DE RORET,
RUE HAUTEFEUILLE, 12.

1860.

AVERTISSEMENT.

La découverte de la Galvanoplastie est, sans contredit, une des plus importantes qui aient été faites dans notre siècle si fécond en découvertes. Elle lui appartient en propre, puisqu'elle n'est qu'une déduction raisonnée des lois de la chimie, science toute contemporaine.

Cette admirable invention semble, en quelque sorte, avoir réalisé tout ce qu'il y avait de possible dans ces brillants rêves de la pierre philosophale, de la transmutation des métaux, objet des chimériques recherches des Alchimistes et des Hermétiques des siècles passés. Et, s'il est vrai que la science n'a point encore trouvé le dangereux secret de faire de l'or, on peut dire qu'elle a fait une conquête bien autrement précieuse pour l'humanité, en créant la Galvanoplastie. Cette science, encore toute nouvelle, a déjà atteint, dès son début, à des résultats immenses; et l'avenir qui lui est réservé est incalculable.

Grâce à l'extrême simplicité des procédés *électro-*

métallurgiques, les chefs-d'œuvre de la sculpture, de la ciselure et de la gravure, reproduits à un nombre infini d'exemplaires, et devenus ainsi populaires, pourront désormais braver les atteintes du temps et la main non moins destructive de l'homme. Sous ce premier rapport, la Galvanoplastie est à la sculpture et à l'art, en général ce que l'imprimerie est à la pensée humaine. Mais ce n'est pas seulement à reproduire des objets d'art que se bornent ses applications, elle vient encore apporter de nouveaux perfectionnements à l'art déjà si avancé de la typographie. Enfin, sous une forme plus modeste et non moins utile, la Galvanoplastie peut encore subvenir à nos besoins usuels. C'est par elle qu'une foule d'objets ou d'ustensiles, composés des métaux les plus communs et facilement oxydables, ou même de corps non métalliques, pourront être recouverts d'une couche mince ou épaisse, à volonté, d'un métal précieux et inaltérable, et n'auront plus à craindre les dégradations et l'oxydation si fréquentes sous notre ciel brumeux et humide.

Ainsi qu'on le voit, la Galvanoplastie se rattache à un grand nombre d'arts, et le champ le plus vaste lui est ouvert. Comment se fait-il donc qu'en France, où les arts chimiques ont toujours été cultivés avec tant de succès, la Galvanoplastie n'ait encore été l'objet d'aucune publication spéciale? Notre pays, qui s'enorgueillit à juste titre d'avoir produit les Lavoisier, les Thénard, les Gay-Lussac, les Daguerre, aurait-il donc accueilli avec indifférence une des plus belles découvertes dont s'honore la chimie moderne? Nous ne le pensons pas; et c'est avec regret que nous signalerons les motifs de ce silence des publicistes français.

Il faut bien le dire, une sorte de fièvre d'*industrialisme* semble s'être emparée de notre époque, et chacun se croit appelé à aller à la fortune par la spéculation; aussi, loin d'être animés par l'amour du bien public, tous les efforts, toutes les recherches, sont dirigés dans un but mercantile.

De là, la profusion des brevets d'invention, de là, tous ces petits mystères dont la spéculation cherche à s'abriter, toutes les fois qu'un nouvel art fait son apparition dans le monde commercial.

Tel a été le sort de la Galvanoplastie. Les savants à qui nous sommes redevables de cette belle découverte, s'empressèrent, avec une loyauté et un désintéressement qui leur fait honneur, de rendre publics leur procédés; mais aussitôt la foule des frêlons industriels se rua avec avidité sur cette nouvelle mine à exploiter : chacun se mit à l'œuvre avec mystère, déguisant avec le plus grand soin les détails de ses manipulations. Fort heureusement, le savant et modeste M. Becquerel a posé dans son admirable ouvrage, les principes du nouvel art, et désormais la Galvanoplastie, éclairée par le flambeau de la science, peut marcher avec certitude dans la brillante carrière qui lui est réservée.

Toutefois, il manquait encore en France un ouvrage pratique qui entrât dans les mille détails des opérations électro-métallurgiques; c'est cette lacune que nous avons entrepris de combler.

Intimement persuadé que l'industrie bien entendue n'a rien à redouter de la publicité, et que la publication d'une découverte en amène bientôt cent autres, nous croyons rendre un véritable service au public

français, en lui donnant une traduction fidèle de l'ouvrage publié à Londres par M. Smee, chirurgien de la banque d'Angleterre, et parvenu aujourd'hui à sa troisième édition.

Aussi habile chimiste qu'infatigable expérimentateur, M. Smee s'est livré avec une rare persévérance à de nombreuses recherches, à une foule de manipulations qui, presque toujours, ont été couronnées de succès. C'est à lui que nous devons le premier exposé méthodique qu'on ait fait des lois qui président à la réduction des métaux par l'agent électrique. Il conduit, pour ainsi dire, le lecteur pas à pas à travers les sentiers, hérissés souvent de difficultés, qu'il a lui-même parcourus, et qui l'ont enfin amené à des résultats certains. L'aveu même de son impuissance, dans quelques cas, évitera de longs et inutiles tâtonnements aux personnes qui se livrent à l'étude et au perfectionnements de l'électro-métallurgie, ou leur signalera quelques-uns des problèmes qui restent à résoudre. En un mot, si M. Smee n'a point inventé la Galvanoplastie, il a du moins le mérite de l'avoir enrichie d'un grand nombre de faits nouveaux, et son ouvrage, en reproduisant toutes les découvertes de MM. Spencer et Jacoby, fait connaître en même temps toutes celles qui lui sont propres.

Quelques personnes, les gens du monde surtout reprocheront peut-être à M. Smee de s'être trop étendu sur la théorie du galvanisme, et d'avoir décrit avec de longs développements les différents appareils voltaïques. Nous pensons, au contraire, qu'il a ainsi acquis un nouveautitr e à la reconnaissance publique. Queique surprenants, en effet, que soient les résultats

déjà obtenus par la Galvanoplastie, il ne faut pas oublier que l'art de réduire les métaux est encore dans son enfance ; un vaste champ reste donc encore ouvert à tous ceux qui voudront faire de nouvelles recherches, et se livrer à de nouvelles expériences ; mais, pour que ces recherches soient faites utilement, pour éviter des expériences qui auraient lieu en pure perte, il faut qu'elles soient éclairées par une sage théorie. Dès lors une connaissance approfondie des lois du galvanisme est nécessaire aux expérimentateurs. Et, sous ce rapport encore, ils trouveront un excellent maître dans M. Smee. Il pose avec méthode et clarté les règles fondamentales du galvanisme, et il n'énonce aucun fait qu'il n'ait vérifié par lui-même. Son livre est donc à la fois un guide sûr pour arriver à de nouvelles découvertes, et pour reproduire les résultats déjà obtenus.

D'autres personnes seront sans doute étonnées de voir paraître un traité de Galvanoplastie sans qu'il se recommande par le nom et l'autorité de MM. Spencer et Jacoby. Nous leur répondrons que rarement ceux qui découvrent un art nouveau, le portent eux-mêmes à perfection ; c'est en effet dans la pratique que l'on reconnait une foule d'avantages à adopter, ou d'inconvénients à éviter, pour arriver au perfectionnement. On conçoit donc que ces rares génies auxquels il est donné de reculer les bornes de la science, satisfaits d'avoir mis au jour une invention nouvelle, négligent souvent d'en déduire toutes les conséquences, occupés qu'ils sont de se livrer à de nouvelles recherches utiles à l'humanité.

Mais si les publications de MM. Jacoby et Spencer

étaient incomplètes quant à la pratique, elles ont reçu dans l'ouvrage de M. Smee le complément qui leur était nécessaire sous ce rapport. On y trouvera la manière de réduire toutes les espèces de métaux, et aucune des applications pratiques de la Galvanoplastie n'a été omise par lui.

Toutefois, pour rendre notre travail aussi complet que possible, et pour ne rien laisser à désirer à nos lecteurs, nous avons recueilli dans un *Appendice* placé à la suite de l'ouvrage de M. Smee, tous les documents qui ont été publiés sur la Galvanoplastie tant en France qu'à l'Étranger. Cette partie de notre travail a été pour nous l'objet d'un soin tout particulier; nous avons, pour cela, compulsé tous les journaux scientifiques et industriels, notamment l'excellent recueil mensuel, le *Technologiste*, publié par M. F. Malepeyre (1), et les intéressantes publications récemment faites par M. Becquerel.

Nous avons cru devoir conserver scrupuleusement l'ordre de numérotation adopté par M. Smee, parce que nous le regardons comme une condition essentielle de méthode et de clarté, dans un traité didactique. Toutes les fois que nos opinions seront en con-

(1) Le *Technologiste* ou *Archives des progrès de l'Industrie française et étrangère*, publié par une Société de savants et de praticiens, sous la direction de M. Malepeyre. Ouvrage utile aux manufacturiers, aux fabricants, aux chefs d'ateliers, aux ingénieurs, aux mécaciens, aux artistes, etc., etc., et à toutes les personnes qui s'occupent d'arts industriels. Prix : 18 fr. par pour Paris, et 21 fr. pour la province.

Chaque mois il paraît un cahier de 48 pages in-8 grand format renfermant des figures en grande quantité, gravées sur bois et sur acier. Paris, à la *Librairie-Encyclopédique* de Roret, rue Hautefeuille, 12.

tradiction avec celles de l'auteur, ou que ses idées nous paraîtront exprimées d'une manière incomplète, nous ajouterons des notes qui, sans rien déranger à la symétrie de l'ouvrage, auront pour but soit d'éclaircir le texte, soit de compléter la pensée de l'auteur en en déduisant toutes les conséquences.

C'est pour nous un devoir de remercier le public de l'accueil qu'il a bien voulu faire à cet ouvrage, malgré les imperfections inséparables d'un travail rapide. Le succès inespéré de quatre éditions, tirées à plusieurs milliers d'exemplaires, et cependant épuisées en si peu de temps, nous imposait l'obligation de revoir notre travail avec le plus grand soin, et nous nous sommes efforcé de le rendre cette fois aussi complet que possible, tout en faisant néanmoins un choix scrupuleux parmi les nombreuses découvertes galvanoplastiques qui ont été publiées dans ces dernières années.

Parmi les innovations qui sont venues enrichir la Galvanoplastie depuis la publication de notre dernière édition, nous citerons la fabrication des moules et des ustensiles de l'électro-métallurgiste, en gutta-percha; l'emploi du bisulfure de carbone pour obtenir *a priori* une argenture brillante sans le secours du brunissoir; plusieurs piles électriques basées sur des principes nouveaux, etc. Tous ces perfectionnements ont été l'objet d'une description consciencieuse et aussi étendue que l'exigeait leur importance.

Nous sommes heureux, en terminant, d'avoir à signaler la publication d'un livre qui sera accueilli avec un véritable empressement par tous les amateurs de galvanoplastie ; il a pour titre : *Manipulations chimiques appliquées aux arts et à l'industrie,* par M. Bran-

dely, ingénieur civil (1). L'auteur a eu principalement en vue la création ou la reproduction, au moyen de la pile, d'un grand nombre d'objets artistiques, tels que statuettes, bronzes, médailles, ciselures, damasquinures. Il y a réussi avec un rare bonheur, et la description simple, claire et complète qu'il donne de ses procédés, ne peut manquer de piquer vivement la curiosité des personnes qui ont adopté la Galvanoplastie comme un délassement agréable. Les ouvriers et les artistes y trouveront aussi un grand nombre de procédés qu'on chercherait vainement dans un grand nombre d'ouvrages. Le livre de M. Brandely nous paraît donc appelé à un grand et légitime succès.

Ceux de nos lecteurs qui ont déjà été à même d'apprécier le beau travail de M. *Smee*, dont nous leur offrons pour la cinquième fois la traduction, apprendront sans doute avec plaisir que cet estimable auteur vient de faire paraître un ouvrage fort remarquable, où il traite de l'*électricité* considérée dans ses rapports avec l'organisation de l'homme. La traduction (2) de cet ouvrage a paru en France, et forme un nouveau volume à ajouter à ceux qui ont fait le succès de l'*Encyclopédie-Roret*, sous le titre de *Manuel d'Électricité médicale*, ou *Éléments d'Électro-Biologie.*

(1) Paris, un vol. in-8°, avec Planches gravées, à la *Librairie-Encyclopédique* de Roret, rue Hautefeuille, 12.

(2) Un vol. in-18, à la *Librairie-Encyclopédique* de Roret, rue Hauteuille, 12.

NOUVEAU MANUEL COMPLET

DE

GALVANOPLASTIE

OU

ÉLÉMENTS D'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE.

HISTOIRE

DE L'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE.

Nous n'avons point à pousser nos recherches jusque dans l'antiquité, pour tracer l'histoire de cet art, qui consiste à mettre en œuvre les métaux à l'aide du fluide galvanique; car on peut dire avec juste raison qu'il appartient en propre à notre siècle. Cependant, si nous en recherchons l'origine, nous ne tarderens pas à reconnaître qu'elle n'a pas été tout-à-fait spontanée; mais, qu'à différentes époques, il s'est successivement enrichi de nouveaux faits découverts un à un, jusqu'à l'époque actuelle. Cet ouvrage est l'abrégé de nos connaissances sur cette matière. On peut dire que l'électro-métallurgie a pris naissance dans la découverte de la batterie de feu le professeur Daniell; car, par l'emploi de cet instrument, on voit le cuivre se réduire d'une manière continue sur le pôle négatif. Dans ses premières expériences, ce savant distingué observa que lorsqu'on détache un morceau de cuivre réduit par un électrode de platine, les éraillures de ce dernier se trouvaient fidèlement reproduites sur le cuivre. C'est là une véritable électrotypie. Mais l'auteur, dans le premier écrit où il relate ses expériences, dirige toute son attention et tou-

tes ses facultés vers la construction de la batterie elle-même, et ce fait important ne l'occupa que d'une manière secondaire, Cet homme vénéré, qui fut mon maître, n'existe plus pour ses élèves, ses amis et sa famille ; mais les profondes recherches auxquelles il s'est livré pour la construction de sa pile le feront vivre dans la postérité. Il est vrai que cette pile est aujourd'hui rarement mise en usage. Mais si elle n'avait point été inventée, l'électro-métallurgie, sans aucun doute, ne serait point encore rangée parmi les sciences. Dans mon esprit, le nom de Daniell est étroitement uni à l'électro-métallurgie. Mais, probablement, ce professeur n'eut jamais l'idée des résultats importants qui naîtraient de la découverte de sa pile, lorsqu'il la fit connaître au public.

Ce fut peu de temps après la découverte de cette pile, que M. De la Rue fit des expériences sur ses propriétés. Dans un écrit imprimé dans le *Magasin philosophique pour l'année* 1836, après avoir décrit une forme particulière de pile à laquelle il donne la préférence, on lit le passage suivant qui est digne de remarque : « La planche de cuivre se recouvre » aussi d'une couche de cuivre métallique qui s'y dépose sans » cesse ; et cette couche de cuivre qui se forme est d'une si » grande perfection, que, lorsqu'on l'enlève, elle représente » fidèlement chaque éraillure de la planche sur laquelle elle » s'est déposée. » Cet écrit semble n'avoir point fixé l'attention ; et ce qui paraît plus extraordinaire, c'est que l'auteur, quoique très-capable, par ses connaissances, de faire l'application de ces faits, n'a jamais indiqué les résultats pratiques auxquels cette expérience pouvait conduire.

La science en resta là, jusqu'en octobre 1838, époque à laquelle le professeur Jacobi annonça le premier qu'on pouvait utiliser la réduction du cuivre, par l'intermédiaire du fluide électrique, pour les besoins des arts. Son procédé reçut le nom de Galvanoplastie.

Dès que cette découverte eût été publiée en Angleterre, en 1839, M. Spencer annonça qu'il avait exécuté des médailles en cuivre, auxquelles le public donna, plus tard, les noms d'électro-types, ou Volta-types, ou, ce qui est préférable, le nom d'électro-médailles.

Maintenant, quelle est la valeur précise de la découverte de ces reproductions quant aux faits déjà décrits (car nous avons vu que la réduction du cuivre à l'état de plaque irréprochable, représentant avec une minutieuse fidélité la forme du métal négatif sur lequel il s'était déposé, avait déjà été constatée) ? Eh bien ! c'est simplement l'idée de mettre ces faits en pratique ; mais notons une chose, c'est que cette idée est

capitale pour l'électro-métallurgie. Le seul appareil dont M. Spencer se servit, n'était en effet qu'une simple batterie de Daniell. Il fit usage de différents métaux pour recevoir à leur surface le métal précipité, ce qui cependant ne présentait rien de nouveau; mais il ne paraît pas avoir réussi dans l'emploi de substances non conductrices. Il exécuta des médailles et peut-être aussi des reproductions de planches en cuivre; mais il ne donne aucun détail en ce qui concerne les différentes méthodes pour la réduction du cuivre dans ses divers états et il ne réussit pas à obtenir la réduction des autres métaux.

Cependant, c'est à M. Spencer que l'Angleterre doit surtout l'idée de l'électrotypie. Peut-être même que cette idée, en tant qu'elle concerne son application dans la Grande-Bretagne lui est entièrement due.

Le premier écrit de M. Spencer fut imprimé dans le journal de l'*Institution polytechnique* de Liverpool, en 1839; mais l'auteur y exprime ses regrets de ce que, par suite de circonstances indépendantes de sa volonté, son mémoire n'ait point été lu à l'Association britannique. A notre époque, on doit regretter vivement tout obstacle apporté aux progrès de la science, surtout quand nous voyons les Allemands tenir déjà le premier rang, non-seulement dans la chimie, mais encore dans la physique. Tout amateur de la science doit désirer que la crainte de favoriser la publication de choses déjà connues n'empêche pas les commissions des sociétés savantes de publier celles qui sont réellement nouvelles. Cependant, nous ne sommes pas tellement en arrière du progrès scientifique, que nous ne puissions garder le premier rang parmi les nations de l'Europe; mais pour arriver à ce résultat, il faut un peu de zèle de la part de ceux dont la réputation scientifique est établie, il faut aussi qu'ils encouragent ceux qui ne font qu'entrer dans la carrière. Il en est beaucoup de ces derniers qui travaillent avec ardeur pour le triomphe du vrai, et qui luttent contre l'opposition la plus capable de faire naître le découragement. Que cette opposition fasse place à un généreux concours, et il en résultera des bienfaits immenses.

Il ne serait pas juste de déverser sur le docteur Lardner le blâme du dédain qu'on a montré pour le mémoire de Spencer, car ce n'est pas la seule découverte importante qu'on ait laissée dans l'oubli. Ce dédain ne doit point être attribué à l'individu, mais bien aux errements des sociétés savantes. En effet, dans ces dernières, lorsqu'un mémoire est adressé, on le renvoie à une commission pour en faire un rapport, et c'est d'après ce rapport qu'on en décide la publication ou la suppression, ce que, dans quelques cas, on nomme, d'une ma-

nière dérisoire, le dépôt dans les archives de la société, mais ce qui, en propres termes, signifie que le mémoire est enfoui dans un vaste carton, d'où il ne pourra jamais sortir pour sentir la douce influence des rayons du soleil. Il faut convenir que l'examen d'un mémoire est une besogne aussi ingrate qu'ennuyeuse. Il n'est pas surprenant que les commissions, dont le caractère est celui de l'humaine espèce, subissent l'influence de leurs propres opinions, de celles de leurs amis, ou de ceux à qui ils ont des obligations particulières, ce qui parfois leur fait oublier leur rôle de juge.

Leurs services étant purement gratuits, les commissaires ont un titre à la reconnaissance du public. Mais une mission d'une aussi haute importance que celle qu'ils remplissent, et d'où dépend la prospérité d'une nation entière, devrait être rémunérée; les commissaires pourraient être alors responsables de leurs jugements. On voit que si Jacobi n'avait point contribué à la découverte de l'électro-typie, l'électro-métallurgie n'aurait pu ajouter ses procédés importants aux différents arts qui font partie de son domaine. O commissaires des sociétés savantes, pesez bien dans votre esprit un sujet si grave! car vous ne pouvez jamais dire quel sera le résultat final de la découverte d'un seul fait, lors même qu'il serait consigné dans un travail mal élaboré.

Peut-être est-ce ici le lieu de fixer l'attention du monde scientifique sur ce fait, que les grandes puissances continentales ont donné mission à certains hommes de tenir note de toutes les nouvelles découvertes faites en Angleterre, et qui peuvent être transmises en quelques heures, d'un bout à l'autre de l'Europe. Je dis ceci, non pour dissuader les Anglais de faire connaître généreusement leurs découvertes aux autres nations, mais pour les engager à ne pas publier leurs découvertes avant de les avoir fait imprimer dans un des organes de la publicité en Angleterre, afin d'établir ainsi, sur des bases solides, le caractère scientifique de notre pays. Ceci est d'autant plus nécessaire, que les Anglais n'ont, pour prix de leurs efforts, que la conscience de s'être rendus utiles, tandis que les étrangers en retirent des avantages pécuniaires; ce qui contribue singulièrement à augmenter leur désir de s'initier aux découvertes faites dans d'autres pays (1).

(1) L'auteur se laisse aller aux exagérations du sentiment patriotique si commun aux Anglais; on connait assez l'*exclusivisme* de cette nation en matière d'industrie, si l'on sait qu'elle a soin d'abriter ses découvertes sous un triple rempart de *patentes*; ce n'est pas tout à-fait, on en conviendra, renoncer aux *avantages pécuniaires* et se contenter *de la conscience d'être utile à l'humanité*. *(Note du Traducteur.)*

J'ajouterai, afin de corroborer ce que j'ai déjà dit, que la galvanoplastie de Jacobi, et l'électrotypie de Spencer, ne sauraient être rangées parmi ces découvertes qui naissent de l'induction d'une suite de raisonnements ou de laborieuses recherches, comme, par exemple, le télégraphe électrique du professeur Wheatstone, et autres machines compliquées; mais qu'elles sont tout simplement la mise en pratique d'un fait reconnu, dans le principe, par Daniell, constaté par De La Rue, et observé par une multitude d'autres personnes; que d'ailleurs Spencer et Jacobi ne purent mettre en œuvre que le cuivre seulement, et non pas les autres métaux; tandis que s'ils avaient étudié cette matière scientifiquement, ils auraient vu que les mêmes lois président à la réduction de tous les métaux.

L'électro-métallurgie, telle qu'elle fut révélée au monde par Jacobi et Spencer, était la plus simple des découvertes, c'est-à-dire l'application d'un fait connu et déjà constaté précédemment, et elle montre un nouvel exemple d'une invention qui, pleine de simplicité à son berceau, devient tout-à-coup d'une immense utilité pour l'homme.

Mais une découverte qui contribua au plus haut degré à propager la galvanoplastie dès son origine, est celle qu'on doit à M. Murray. Il remarqua que les corps non conducteurs pouvaient néanmoins recevoir un dépôt métallique, si l'on avait soin de les recouvrir préalablement d'une couche de plombagine. Ce procédé joint à une extrême simplicité une grande perfection. La première application en fut faite en janvier 1840, mais il est à regretter que l'auteur n'en ait pas étendu l'emploi et qu'il n'ait pas publié ses recherches. Il se contenta de communiquer verbalement sa méthode dans des conversations qui eurent lieu à l'Institution royale, mais elle ne fut point publiée par la voie de la presse. Néanmoins toutes les recherches dirigées dans le but de connaître celui qui peut revendiquer la priorité dans l'emploi de la plombagine, s'accordent avec le témoignage de plusieurs autorités, pour en attribuer le mérite à M. Murray. Cette découverte lui appartient donc en propre; et, nous le répétons, on ne saurait lui accorder trop d'importance; les résultats obtenus par l'emploi de la plombagine sont immenses et incontestables, quoique quelques personnes aient nié son efficacité.

Depuis que j'ai écrit ce qui précède, je suis heureux de pouvoir annoncer à mes lecteurs que la Société des Arts, voulant donner une preuve de l'importance qu'elle attache à l'application de la plombagine à l'électro-métallurgie, a honoré M. Murray d'une médaille d'argent. On peut dire que

ce qui augmente le mérite de la découverte de M. Murray, c'est non-seulement que la plombagine remplit complètement le but qu'on se propose, mais encore que la simplicité même de cette découverte aurait empêché beaucoup d'autres d'y songer. Je ne connais aucune autre substance qui soit aussi parfaite que la plombagine pour les besoins de l'électro-métallurgie; car l'adhérence de l'hydrogène y est tellement prononcée, que ce gaz réduirait plutôt un sel métallique que de se dégager, et c'est précisément là la propriété requise pour les manipulations électro-métallurgiques. Sous ce rapport, cette substance forme donc un contraste frappant avec les procédés indiqués auparavant par M. Solly, quoique, à défaut de la plombagine, les moyens indiqués par ce dernier eussent été généralement employés.

On fit usage jusqu'en 1840 de l'appareil à simple cellule; mais à cette époque, M. Mason découvrit un autre moyen des plus ingénieux pour obtenir la réduction des métaux; il se servit de l'appareil à simple cellule comme d'une pile de Daniell, qu'il fit communiquer avec une autre cellule pour réduire un autre métal. Dans la seconde cellule il disposa un électrode positif en cuivre qui se trouvait dissous pendant l'opération. Par ce moyen, il obtint deux livres de métal par chaque livre de zinc, ou, en d'autres termes, réduisit deux équivalents de cuivre pour un de zinc.

Dans le *Journal de Londres*, d'avril 1840, autant que je m'en souvienne, se trouve le premier spécimen d'une impression typographique obtenu d'un électro-type par Newton. Cette esquisse est petite et grossière, mais elle est intéressante en ce sens que c'est le premier essai de ce genre qui ait été fait.

Les lois qui président à la réduction de tous les métaux sous leurs différentes formes, ont été signalées pour la première fois dans mon ouvrage, comme étant le résultat de mes propres découvertes. La connaissance de ces lois nous permet de précipiter l'or, l'argent, le platine, le palladium, le cuivre, le fer et presque tous les autres métaux, sous les trois formes suivantes : 1° à l'état de poudre noire, 2° à l'état de dépôt cristallin, 3° à l'état malléable. Ces lois, à mon avis, élèvent les faits isolés et qui étaient connus (comme l'électrotype), à l'état de science, et rendent l'électro-métallurgie l'auxiliaire indispensable des beaux-arts dans notre patrie.

Pour régler la puissance de la pile d'après la concentration de la dissolution métallique, il fallait aussi rechercher les lois qui président à la dissolution des sels qui se forment pendant

l'opération, ce qui est d'une haute importance pour l'opérateur. Dans cet ouvrage, j'ai ajouté des données à l'aide desquelles le fabricant peut calculer les frais qu'entraîne l'emploi des différents procédés, avant de fixer son choix. Les formules propres à faire connaître la somme de travail que peut exécuter une pile galvanique, dans telle ou telle circonstance, ne peuvent être que d'une grande utilité à l'artisan, s'il sait en profiter ; en outre, l'examen raisonné de la marche du fluide électrique dans la pile, ne peut manquer d'être un sujet d'un grand intérêt. La loi qui préside à l'adhérence du métal réduit est aussi d'une importance de premier ordre, dans tous les cas où il s'agit d'enlever le métal de la plaque sur laquelle il reposait. Les milliers d'expériences qui ont été faites pour découvrir ces lois (car ce livre n'examine point les expériences en détail, il n'en est que le résumé) n'auraient jamais pu être exécutées si je n'avais préalablement découvert ma pile; car sa simplicité seule m'a permis, sans aucun secours étranger, d'entreprendre cette tâche laborieuse. On me contestera peut-être la supériorité de ma pile sur toutes les autres pour ce qui concerne les expérimentations et les besoins industriels, ce qui ne m'empêchera pas de signaler les avantages qu'elle présente, d'autant plus qu'ils me paraissent contribuer essentiellement à la réussite générale.

La supériorité du procédé par la pile, sur tous les autres, consiste en ce qu'on peut en faire l'application dans tous les cas; en outre, quand on ne se sert que d'une seule cellule de la batterie, la quantité de zinc dissoute pour produire un résultat déterminé, est la même, et même moindre que celle qui accompagne l'emploi de l'autre appareil; parce que l'action locale dans une pile est moindre que dans un appareil à simple cellule, et enfin la texture du métal précipité peut être ménagée de manière à lui donner la plus grande beauté. Aussi, je n'hésite pas à dire que le procédé par la pile est le seul qui puisse être employé par le fabricant avec quelque avantage.

La batterie en argent platiné est particulièrement utile à l'opérateur, parce que, pendant qu'elle est en action, il peut suivre les progrès du travail qu'elle exécute; car on peut dire qu'elle parle en quelque sorte aux oreilles de l'opérateur. Si le courant est faible, on entend un léger murmure; s'il augmente, la pile gémit; s'il est modéré, elle siffle; mais si ce courant est très-fort, elle gronde. Au moment où j'écris, j'ai 19 batteries en action près de moi, dans la même chambre, et chacune d'elles m'indique le travail qu'elle exécute; à

l'instant la chute d'un gros registre dans une pièce voisine vient d'entrechoquer et de mettre deux fils en contact, et le grondement de cette pile m'informe de ce fait, malgré le bruit produit par toutes les autres. Je viens de séparer les fils, et le murmure général me fait connaître qu'elles fonctionnent toutes d'une manière satisfaisante. Toute action locale sur le zinc est, de la même manière, immédiatement signalée par l'intonation particulière du murmure, et j'ai été surpris de la promptitude avec laquelle l'expérimentateur saisit le timbre particulier propre à chacun de ces bruits ; il est plus distinct pour l'oreille que ceux des différentes sonnettes dans une hôtellerie.

Qu'il me soit permis de dire quelques mots de ce qui concerne la durée d'action de cette batterie. Quoique en théorie cette action ne soit pas constante, cependant en pratique, et pour les besoins de l'électro-métallurgie, cette action persiste pendant deux ou trois jours, ou, en d'autres termes, jusqu'à ce que la batterie soit presque épuisée; alors même il suffit d'ajouter à la dissolution de zinc une nouvelle quantité d'acide étendu d'eau, ce qui n'exige qu'une demi-minute. A la propre expérience que je possède de sa durée d'action, sinon absolue, du moins suffisante pour la pratique, je puis joindre le témoignage de quelques fabricants d'Angleterre; quelques-uns d'entre eux rechargent cet instrument avec une certaine quantité d'acide, de temps en temps, et à des intervalles qui varient de 3 à 15 jours et même à un an, suivant les dimensions du vase qui contient l'acide. Pendant que je traite de l'emploi de ma batterie, je remarquerai qu'avec un peu d'attention le platine n'use point l'argent, et que l'argent platiné ne subit jamais le moindre changement, et n'éprouve jamais l'influence de la plus légère action locale.

L'électro-métallurgie, qui comprend dans ses subdivisions l'électro-dorure et l'électro-argenture, a reçu une immense impulsion par les travaux d'Elkington; quelques-uns de ses procédés sont en effet admirables. Mais en ce qui touche la dorure, il a été précédé de 40 ans par Brugnatelli ; le passage suivant m'a été signalé par M. Brayley, qui était alors un des éditeurs du *Magasin philosophique*.

« J'ai récemment (ajoute Brugnatelli, dans une de ses » lettres à Van Mons) doré d'une manière complète deux » grandes médailles d'argent, en les mettant en communi- » cation, par l'intermédiaire d'un fil d'acier, avec le pôle né- » gatif d'une pile de Volta, en ayant soin de les immerger » l'une après l'autre dans de l'ammoniure d'or récemment » préparé et suffisamment saturé. » Ce passage se trouve

dans le *Magasin philosophique*, année 1805; mais on le rencontre également dans les archives des sciences philosophiques; il est seulement à regretter que ni l'un ni l'autre de nos journaux n'ait donné le texte de la lettre, ni indiqué où elle avait été publiée (1). Ce procédé ne diffère en rien de ceux qu'on emploie de nos jours, et on doit le considérer comme le premier pas fait dans la carrière de l'électro-métallurgie, car c'est le premier exemple d'un métal réduit par le galvanisme pour le besoin des arts.

Depuis ma dernière édition, la découverte de l'usage du bisulfure de carbone, pour produire un dépôt brillant d'or et d'argent, a été un progrès remarquable pour certains procédés électro-métallurgiques. Dans cette découverte se trouve le germe d'un certain nombre d'autres que des expérimentateurs habiles ne manqueront pas de développer.

Les procédés pour platiner, palladier, etc., s'appuient sur l'autorité de ce livre; car jusqu'ici, la réduction de ces métaux sous une autre forme que celle de poudre noire, a été considérée comme impossible.

L'électro-métallurgiste pourra, à l'aide des procédés qu'il y verra décrits, exécuter des gravures en relief et en creux, en or ou en presque tous les autres métaux, faits entièrement nouveaux dans la science. La mise en œuvre par la pile de tous les autres métaux, tels que le zinc, l'argent, etc., à l'exception du cuivre, est due également à la découverte des lois qui régissent la précipitation des métaux.

Chaque auteur a donné des indications pour faire des reproductions en métal sur des modèles en plâtre; mais il est digne de remarque que jusqu'ici on n'ait indiqué aucun procédé pour obtenir une copie parfaite en plâtre. En recherchant la cause de cette particularité, je ne tardai point à découvrir que l'extrême porosité du plâtre était l'écueil contre lequel étaient venues se briser toutes les tentatives; la difficulté fut vaincue en rendant le plâtre non absorbant. Dans cet ouvrage, le lecteur verra que la copie des reliefs en plâtre a été portée à son plus haut degré de perfection, et par des moyens extrêmement simples.

Les succès que j'ai obtenus dans cette partie de mes expériences m'ont amplement dédommagé de mes travaux et de mes frais; car il n'est pas une seule des villes d'Angleterre que j'ai visitées, il n'est pas une rue de la capitale où

(1) *Voyez* le Journal de chimie de Van Mons, 1803, page 257. — Annales de chimie, recueillies par Brugnatelli, tom. XXII, page 23; Pavie, 1803. — Bibliothèque de campagne, tome X, page 185; Milan, 1807. *(Note du Traducteur.)*

on ne rencontre des plâtres préparés qu'on expose à la vue des passants, dans le but de les engager à assister à des expériences électro-métallurgiques.

J'aime à croire qu'on aura lieu d'être satisfait de l'emploi de la cire vierge, de la résine, etc., pour les besoins de l'électro-métallurgie. Leur manipulation est le résultat de ma propre expérience, et sans doute ceux qui se livrent à l'industrie électro-métallurgique, ne trouveront pas ce sujet traité assez complètement; mais je pense que la pratique seule peut rendre l'opérateur habile dans ce genre de travail.

Depuis ma dernière édition, la *gutta-percha* est venue enrichir cet art; je ne sais comment exprimer tout ce que cette nouvelle acquisition offre d'avantages. Ses propriétés plastiques, et sa résistance à l'action des dissolutions alcalines et acides, lui donnent une valeur incalculable. Pour la production des moules, elle a déjà dépassé toute autre substance; on l'a aussi employé pour la construction des auges et autres récipients. Le docteur Montgomerie, qui, le premier, en introduisit l'usage en Angleterre, s'est acquis un nom immortel parmi les bienfaiteurs de sa patrie. Ne serait-il pas juste de donner une récompense nationale à celui qui rend de si grands services?

L'application de l'électro-métallurgie à l'art de copier les feuilles, les fruits, etc., a été, pour la première fois, décrite dans cet ouvrage. Le nouveau moyen de graver à l'eau-forte, que j'ai indiqué ici, sera considéré comme un auxiliaire de la plus haute importance pour les graveurs. Le principe qui règle l'adhérence ou la non-adhérence des plaques, permettra à l'opérateur de diriger ses manipulations avec certitude; c'est un point important pour le graveur, car l'ignorance sur ce point a déjà produit des résultats fâcheux.

Dans ce précis historique, je n'ai fait qu'esquisser les découvertes principales; mais celui qui se livre à l'étude d'une nouvelle branche de science, a droit à quelque louange, car il s'expose à des frais considérables, sans avoir la certitude de rentrer dans ses déboursés.

L'électrotypie, qui fait partie du domaine de l'électro-métallurgie, fut étudiée d'abord, je crois, par M. Balmer, qui fut promptement suivi par M. De La Rue, puis par Lockett, Mabley et plusieurs autres. Comme je n'ai pas vu les produits obtenus par ces derniers, je n'ai pas pu faire connaître plus minutieusement leurs travaux.

Les lois que j'ai signalées dans cet ouvrage, et l'universalité de leur application, auront une grande influence sur la généralisation de l'emploi du fluide galvanique dans les fa-

triques; aussi, après avoir résumé les faits isolés compris sous le nom d'électrotypie, en une vaste branche de la science, il était nécessaire de créer un nouveau mot qui en exprimât l'importance et qui pût embrasser ses diverses applications. Ce mot, que je me suis permis d'innover, est celui d'*électro-métallurgie*; il comprend tous les principes qui président aux différents arts qui consistent *à mettre en œuvre les métaux à l'aide du fluide galvanique*. La valeur de ce mot nouveau est évidente quand on considère qu'il renferme dans sa signification les différents modes de mise en œuvre des métaux, soit qu'on les dissolve ou qu'on les précipite par l'intermédiaire du courant voltaïque.

En ma qualité de médecin, je dois dire ce que je pense des résultats qu'aurait pour la santé des ouvriers l'usage plus étendu de l'électro-métallurgie. Je puis assurer que la mise en œuvre des métaux par le fluide galvanique est plus salubre, et accompagné de beaucoup moins de dangers que les procédés employés jusqu'ici. L'emploi des sels d'or, d'argent et de platine a bien pour inconvénient de tacher les doigts, mais les autres sels ne produisent point cet effet. L'opinion que j'ai exprimée est confirmée par ce que j'ai pu observer sur moi-même, et par l'examen des effets que l'électro-métallurgie avait pu produire sur des personnes qui avaient réduit le cuivre par quintaux. Il est certain toutefois que si les ouvriers quittaient plusieurs fois par jour leur travail avec les mains couvertes de dissolutions métalliques, et s'ils prenaient leurs repas sans les laver, la quantité de métal qu'ils absorberaient pourrait être suivie d'accidents. Plusieurs des procédés décrits ici, tels que la dorure, etc., sont avantageux pour la santé des ouvriers, en ce sens qu'ils ne se trouvent plus soumis à l'influence délétère des vapeurs mercurielles.

Ceux qui dirigent les manipulations électro-métallurgiques, engraissent presque tous, car la petite quantité de sulfate de zinc et d'acide sulfurique qu'ils absorbent augmente le ton de leur estomac, aide à la digestion et fortifie l'organisme entier. Les sels de cuivre ont les mêmes effets que ceux de zinc, mais il faut toujours s'en défier. Le lecteur doit aussi se mettre en garde contre l'action des cyanures, attendu que la simple inhalation des vapeurs qui s'en dégagent peut avoir des effets pernicieux. Mais avec un peu de soin, on n'a rien à craindre. En somme, l'électro-métallurgie est un immense bienfait pour les ouvriers.

L'électro-métallurgiste qui voudrait obtenir des renseignements plus étendus sur le galvanisme, consultera les écrits originaux des auteurs qui ont le plus contribué à l'étude de

ce sujet; mais je conseille à celui qui s'intéresse à l'électro-métallurgie de se procurer le *Manuel de chimie* de Brande, qui comprend la plus vaste encyclopédie de toutes les connaissances chimiques en anglais. L'opérateur ne pourra s'en dispenser, s'il essaie de quitter les sentiers battus, pour se frayer une route nouvelle. On pourra se procurer aussi le *Traité de chimie* de Gmelin, qui est une excellente compilation des transactions des sociétés savantes et des journaux scientifiques. Ce traité, cependant, est pauvre de procédés publiés dans les diverses monographies.

Depuis ma dernière édition, on emploie l'électricité fournie non-seulement par la batterie voltaïque, mais encore par la machine électro-magnétique. Lorsque cet ouvrage fut écrit, plusieurs de mes amis pensèrent que j'aurais dû préférer le titre de Volta-Métallurgie; et, en effet, les procédés furent décrits à l'étranger sous le nom de Galvanoplastie. Je refusai d'adopter ce titre, parce que je pensai que, quoiqu'on ne pût alors mettre les métaux en œuvre que par l'électricité voltaïque, il arriverait un temps où on pourrait utiliser l'électricité puisée à d'autres sources. Ce temps est venu, et la machine électro-magnétique est maintenant très-répandue pour les usages de l'électro-métallurgie; mon titre se trouve donc amplement justifié.

Personne ne peut plus arguer d'ignorance, de nos jours, pour s'excuser de ne pas se livrer à la pratique de l'électro-métallurgie; car il existe un grand nombre d'ouvrages sur cette matière qui, par leur prix se trouvent à la portée de toutes les classes, depuis un penny jusqu'à 3 et 4 schillings; les meilleurs sont ceux écrits par des ouvriers qui donnent, dans leur propre langage, les procédés qu'ils ont l'habitude de suivre. Les compilations en général, manquant d'unité, perdent par cela même de leur valeur, tandis qu'il n'existe point de monographie sur ce sujet qui ne soit utile au débutant, et dont il ne puisse retirer des fruits.

On m'a fait remarquer combien il était étrange que les sociétés savantes, dont la mission est de surveiller et d'encourager les arts et les sciences à leur berceau, ne possédassent point un seul journal qui traite de l'électro-métallurgie, et que le débutant se trouve ainsi forcé de puiser ses connaissances à d'autres sources.

Pour l'électrotypie, on pourra méditer le traité de Spencer sur cette matière, quoique le *modus faciendi* indiqué par cet auteur soit tout-à-fait différent de celui que j'ai recommandé et dont j'ai fait connaître les lois. Jacobi a écrit, en allemand, un traité de Galvanoplastie qui a été traduit par Sturgeon.

Ces deux livres devraient être en la possession de tous les électro-métallurgistes, ils sont en quelque sorte la première lueur de cette science si pleine d'attraits. Le fabricant ferait très-bien de consulter les divers brevets pris relativement à l'électro-métallurgie, leurs titres sont indiqués dans l'appendice ajouté à cet ouvrage, et l'extrait d'un certain nombre d'entre eux se trouve dans différents *magazines*. Les écrits spéciaux sur l'électro-métallurgie sont devenus si nombreux, que chaque journal contient des notices sur quelques points de ce vaste sujet.

C'est par ces excellents journaux que le public se trouve initié aux nouvelles découvertes; ils encouragent le talent qui, sans eux, se trouverait écrasé par le poids accablant des opinions intéressées : en un mot, c'est à leurs éditeurs éclairés que notre patrie est redevable de voir augmenter tous les jours ses connaissances, ses richesses et sa puissance.

LIVRE PREMIER.

DU GALVANISME.

CHAPITRE PREMIER.

Des batteries galvaniques.

Electricité ; ses différentes espèces, 1-4. Batteries galvaniques : circonstances avantageuses ou désavantageuses, 5-13.—Cause prochaine du galvanisme, 14-18. — Résistance, formule de Ohm, 18-24. — Différentes formes de batteries, couronne des Tasses, Wollaston, etc., 24-31. — Adhérence de l'hydrogène au pôle négatif. Amalgame du pôle positif, 32-36. — Batterie de Daniell, 37-44. — Batterie de Grove, 45-47. — Batterie de Smee, ou Batterie de rognures, 48-55. — Comparaison entre les trois systèmes, 56-58.

1. De même que les physiciens ont rangé une vaste série de phénomènes sous la dénomination générale de *calorique*, de même ils ont nommé *lumière* une autre série, et ont imposé le nom d'*électricité* à une troisième. Si nous examinons les corps organisés, nous voyons que tous ces phénomènes peuvent être produits sous l'empire de la vie, car presque tous les animaux ont la faculté de dégager du calorique ; certains insectes, en outre, peuvent à volonté émettre de la lumière, et la propriété de produire le fluide électrique se remarque dans le terrible choc qui résulte du contact de la torpille et de quelques autres animaux. Les termes fluide électrique, fluide galvanique, ne sont que des mots appropriés à nos connaissances matérielles et bornées.

2. Dans mon traité sur les sources des phénomènes naturels, j'ai plus spécialement insisté sur le rapport mutuel de ces forces, qui paraissent étroitement liées l'une à l'autre. Pour généraliser, nous dirons qu'une nouvelle somme d'attraction engendre la force et que cette force peut agir sur la matière attirée, et produire, suivant les circonstances, du calorique, de la lumière, le galvanisme ou l'électricité.

3. L'électricité est la seule force dont nous ayons à traiter

d'une manière spéciale dans cet ouvrage, et ce sujet comporte plusieurs subdivisions, savoir :

L'électricité de tension, ou l'électricité par friction, lorsque ce fluide est obtenu à l'aide de la machine électrique.

La thermo- ou stéréo-électricité, lorsqu'elle provient de corps solides par l'intermédiaire du calorique.

L'électricité animale, quand elle est produite par les corps organisés.

L'électricité magnétique, lorsqu'elle dérive de l'aimant naturel ou artificiel.

Et enfin l'électricité voltaïque ou galvanique, lorsqu'elle est obtenue par la pile de Volta.

4. Quoique ces noms, par leur multiplicité, semblent propres à jeter de la confusion sur le sujet qui nous occupe, il faut se souvenir qu'il n'y a qu'une sorte d'électricité qui se manifeste sous ces différentes formes, suivant diverses circonstances. Occupons-nous seulement des effets obtenus à l'aide de la pile voltaïque.

5. Les phénomènes auxquels on a imposé le nom d'électricité voltaïque ou galvanique, sont ceux qu'on obtient par l'emploi de la pile de Volta ou de Galvani, ainsi appelée du nom de ses inventeurs. Ces observateurs remarquèrent que *deux* fragments de métal, possédant une affinité différente pour l'oxygène, produisaient, quand ils étaient convenablement unis l'un à l'autre, de fortes convulsions dans le cadavre d'une grenouille ; ayant continué leurs expériences, ils finirent par construire la pile qui est maintenant devenue, par suite des dernières découvertes, un instrument puissant et d'une importance immense.

6. Sans examiner en détail les expériences intéressantes des auteurs qui les ont suivis, disons que pour construire avec avantage une pile galvanique, on doit se servir de deux corps conducteurs du fluide électrique, ainsi que d'un liquide conducteur et composé, qu'on puisse soumettre à la décomposition.

L'un des deux corps doit avoir la plus grande affinité possible pour l'un des éléments du fluide, et le second corps doit avoir le moins d'affinité possible pour le même élément de ce fluide. Ainsi, dans un simple circuit composé de zinc, d'argent et d'eau (l'eau étant rendue bon conducteur par l'addition d'un acide), le zinc a une grande affinité pour l'oxygène de l'eau, tandis que l'argent n'a que fort peu d'affinité pour ce gaz ; on produira ainsi un courant d'une grande force.

Comme phénomène galvanique curieux, Becquerel a donné

la description d'une batterie construite avec un acide et un alcali, séparés l'un de l'autre par un diaphragme poreux et simplement réunis par un fil de platine.

M. Grove a aussi décrit un appareil plein d'intérêt à acides nitrique et chlorhydrique, séparés par un diaphragme et réunis par une feuille d'or qui plonge dans les deux liquides. Dans ce cas, l'oxygène se rend à l'acide chlorhydrique, il se dégage du chlore, et une partie de l'or se trouve dissoute.

Les anciens physiciens ont pensé que les batteries galvaniques pourraient être construites avec de la matière cérébrale et musculaire, de la betterave, et plusieurs autres substances non conductrices, mais il est probable que leurs observations péchaient par défaut de soin.

J'ai décrit les courants voltaïques des animaux vivants dans le *Manuel d'Electricité médicale* ou *Eléments d'Electro-Biologie* (1).

7. En ce qui concerne le pouvoir conducteur des corps, on peut dire que les métaux et toutes les variétés du carbone (excepté le diamant) tiennent le premier rang parmi les solides. Les liquides sont en général de mauvais conducteurs, particulièrement l'eau pure, quoiqu'elle devienne bon conducteur si on y ajoute des acides, des alcalis ou un sel quelconque. Les chlorures, les iodures en dissolution, sont aussi de bons conducteurs. Voici une liste de quelques métaux rangés dans leur ordre de conductibilité : l'argent, le cuivre, le plomb, l'or, le laiton, le zinc, l'étain, le platine, le palladium et le fer.

8. Si on excepte les métaux terreux et alcalins, tels que le potassium, le sodium, etc., le zinc a incontestablement la plus grande affinité pour l'oxygène, et c'est à ce titre qu'il est constamment employé comme métal électro-positif (c'est ainsi qu'on appelle le métal sur lequel agit la dissolution, ou qui, en réalité, agit sur le liquide). Tous les autres métaux, quelle que soit la dissolution acide dans laquelle on les plonge, sont électro-négatifs, état opposé à l'état électro-positif. Dans la table suivante, tout métal est électrisé positivement par rapport à tous ceux qui le suivent, et négativement par rapport à tous ceux qui le précèdent. Cette table ne comprend que les dissolutions acides, car elle varie avec presque toutes celles qu'on emploie.

Potassium	Fer	Argent
Baryum	Bismuth	Palladium
Zinc	Antimoine	Or
Cadmium	Plomb	Charbon
Etain	Cuivre	Platine.

(1) Ce manuel a été traduit pour l'*Encyclopédie-Roret*.

Néanmoins cet ordre me paraît exiger de nouvelles expériences ; il me semble que dans cette recherche chaque métal devrait être employé dans un état très-divisé, comme le platine de ma batterie.

9. Lorsqu'un métal qui agit légèrement sur un liquide (comme par exemple, le cuivre) est mis en contact avec un autre métal qui a une plus grande affinité pour l'oxygène de ce liquide, ce dernier métal, qui est électro-positif, est dissous, et donne au premier une disposition électro-négative, état qui le rend impropre à agir sur le fluide, parce qu'il est préservé par lui. Sir H. Davy utilisa cette singulière propriété pour protéger le doublage en cuivre des navires. Il se servait à cet effet des pièces de zinc et de fer mises en contact avec le cuivre, sous la flottaison. Malheureusement, ce dernier métal, en perdant ses propriétés délétères, permit aux plantes et aux animaux marins de s'y accumuler en si grande quantité, que la marche du navire en fut notablement retardée. Dans les cas semblables, le zinc, à l'état de pureté, protège tous les métaux moins oxydables, même purs ; mais si les métaux électrisés négativement sont recouverts d'une couche de charbon ou d'un métal ayant moins d'affinité pour l'oxygène, l'action pourra être exercée sur eux.

Cette doctrine des tendances négatives me paraît d'une haute importance, car un métal ne peut être protégé par la tendance négative, que quand l'hydrogène doit se dégager du métal qui doit rester à l'état d'intégrité ; ainsi, le zinc protège le cuivre, quand on le plonge dans de l'acide sulfurique étendu ou dans d'autres dissolutions salines ; mais aucune puissance galvanique ne peut protéger le cuivre, quand on l'immerge dans les sels d'argent, d'or, de platine, ou de palladium, ou dans de l'acide nitrique, parce que l'hydrogène, dans ce cas, est immédiatement absorbé, et le cuivre se trouve attaqué par le liquide, ou plutôt il décompose lui-même le liquide, en s'emparant de l'oxygène du sel métallique. Pour les mêmes raisons, il est impossible de donner une tendance négative au fer ou à l'étain, dans une dissolution de sulfate de cuivre, parce qu'il n'y a pas là d'hydrogène pour protéger le fer. Je pourrais encore multiplier les exemples de ce fait : il ne faut donc pas que l'électro-métallurgiste s'attache à donner une tendance négative à un métal, mais il faut qu'il ait soin, dans toutes ses opérations, de ne pas mettre un métal dans une dissolution métallique qui ne peut être décomposée par lui.

10. Le contraire de cette observation s'applique au métal électro-positif, tel que le zinc, car, lorsqu'il est pur, l'acide

sulfurique n'exerce aucune action sur lui, jusqu'à ce qu'on le mette en contact avec quelque autre métal ayant moins d'affinité pour l'oxygène. Cependant, si le zinc est allié à un métal électro-négatif, il y a non-seulement action de la part du fluide pour la production du courant galvanique, mais en outre on s'expose à beaucoup de frais par suite du métal qui sera attaqué en pure perte. Cette production additionnelle de courant se nomme *action locale*, et doit être évitée autant que possible (1).

11. L'action locale provenant soit du zinc ou du métal négatif allié à un autre métal, doit être assimilée à une infinité de petites piles, dont l'action est tout-à-fait indépendante de celle de la grande, où l'hydrogène est entièrement dirigé vers le pôle négatif, et où, par conséquent, aucune action ne devient apparente au pôle positif.

12. C'est pour cette raison que les métaux à l'état de pureté sont extrêmement difficiles à dissoudre, particulièrement si les acides sont également à l'état de pureté; tel est, par exemple, l'argent pur dans une dissolution d'acide nitrique pur, ou du zinc pur dans une dissolution d'acide sulfurique, parce qu'il n'y a pas de *pile locale* de différents métaux établie pour favoriser la dissolution.

13. Une pile, lorsqu'elle est en action dans une dissolution acide, ne produit en apparence aucun changement du côté du métal électro-positif ou du zinc, si l'action locale est détruite, quoiqu'en effet ce soit le zinc qui est dissous. Au contraire, le métal électro-négatif qui, en réalité, n'éprouve aucun changement, laisse apercevoir un dégagement abondant de gaz qui provient du transport de l'hydrogène au pôle négatif tandis que l'oygène est absorbé par le pôle positif ou le zinc.

14. Ceci nous rapproche de la cause du courant voltaïque, car on trouve que la totalité de l'action sur le zinc est exactement proportionnelle à la quantité d'électricité produite; de là le zinc paraît être l'agent calorifique de la pile, et semble y tenir la même place que le charbon dans le feu. D'après ces faits et plusieurs autres, les docteurs Wollaston, Faraday, et avec eux le plus grand nombre des expérimentateurs contemporains, croient que l'action chimique de la dissolution acide sur le zinc, ou plutôt du zinc sur l'eau de la dissolution acide est la source du courant électrique dans la pile voltaïque; c'est là ce qu'on nomme la *théorie chimique* de la

(1) 10. On pourra toujours éviter l'action locale en n'employant que du zinc le plus pur possible. Voyez, numéros 34 à 38, l'utilité d'amalgamer le métal positif.

pile. Les Allemands, et d'autres encore, suivant les traces de Volta, croient que l'action chimique est l'effet du courant électrique, et que le fluide est produit par le contact de deux métaux hétérogènes. Cette dernière opinion a reçu le nom de *théorie du contact*.

15. En opposition à la théorie du contact, le docteur Faraday a décrit dans les *Transactions philosophiques*, des faits curieux qui montrent que la communication d'une simple batterie excitée par de l'acide sulfurique étendu, ne s'établit à l'aide d'aucun métal, mais à l'aide d'un liquide capable d'être décomposé par l'action plus énergique de l'acide sulfurique étendu. Cet auteur trouva également que la dissolution d'iodure de potassium était la plus propre à mettre ce fait intéressant en évidence.

16. Quelle que soit la théorie adoptée, la quantité d'électricité développée, toutes choses égales d'ailleurs, est exactement proportionnelle à la surface du métal négatif employé; ainsi, pourvu qu'il n'y ait pas quelque obstacle à vaincre, si la surface de ce métal est doublée, la quantité d'électricité sera également doublée. Cependant l'étendue de la surface du métal positif n'est pas, jusqu'à un certain point, d'une grande conséquence, quoique néanmoins son trop peu d'étendue soit une circonstance nuisible à l'opération.

La proportion d'étendue de surface du métal positif diffère avec chaque métal, et dépend peut-être des propriétés du sel formé pendant l'action de la batterie. Dans une dissolution acide étendue d'eau, lorsqu'on emploie le zinc comme pôle positif, l'étendue de surface est à peu près insignifiante; mais lorsqu'on emploie d'autres métaux, tels que le cuivre et le fer, dans un appareil à décomposition, l'étendue de surface est d'une grande importance, comme nous le montrerons plus loin.

17. Une circonstance à laquelle on doit bien prendre garde; est qu'il faut que chaque point du métal négatif offre un point d'irradiation au métal positif, car chaque point qui n'est pas ainsi disposé est beaucoup moins actif, quelquefois même tout-à-fait sans action. Dans différents cas, cette particularité se montre d'une manière plus ou moins frappante; car si l'hydrogène est dégagé à l'état naissant, ce gaz, par l'action combinée de son adhésion et de son élasticité, se montre à une grande distance du métal positif, et tout-à-fait en dehors de la sphère de son irradiation; comme cela arrive lorsque la face postérieure de la plaque de métal est en action, tandis que l'autre est opposée au fluide. Quand on fait usage de métaux très-polis, le gaz passe également à une grande dis-

tance ; mais quand un métal est préparé avec du platine, de la manière que j'indiquerai plus loin, le gaz ne s'échappe que d'une petite étendue, quoique avec force, quand on le met en contact avec un fil de zinc très-délié.

En effet, la couche de liquide, interposée entre les plaques de métal, est pourvue d'une grande force de résistance à l'action du fluide galvanique, et cette résistance est proportionnée à l'épaisseur de la couche et à son degré de conductibilité.

18. Il y a une corrélation entre l'énergie du courant et la distance qui sépare les métaux, électro-positif et négatif ; car, plus on les rapproche, plus on dégage d'électricité, quoique son intensité ne soit point influencée par la différence de leur arrangement.

19. La fonction que remplit la dissolution acide a été expliquée en partie, car nous avons déjà dit que l'eau est décomposée, l'hydrogène se portant au métal négatif, tandis que l'oxygène se combine avec le zinc, pour former un oxyde de ce métal. C'est alors que commence l'action de l'acide qui non-seulement donne un pouvoir conducteur très-considérable à la dissolution, mais s'empare de l'oxyde métallique pour former du sulfate de zinc.

La quantité d'eau qui n'a pas été décomposée est nécessaire pour dissoudre le sulfate de zinc ; car, dès que le liquide se trouve saturé par le sel, toute action galvanique cesse d'avoir lieu, quoique le liquide conserve encore beaucoup d'acidité. Cette propriété est d'une haute importance ; car elle nous indique que l'acide et l'eau doivent être gouvernés de telle sorte, que le sulfate de zinc, qui résulte de l'action de l'appareil, soit capable de saturer l'eau, et sans qu'il en résulte un excès d'acide. Quelle que soit la quantité d'acide qui reste après la saturation du liquide par le sulfate de zinc, il faut de toute nécessité que cette quantité soit perdue, à moins qu'on n'étende la solution d'une nouvelle quantité d'eau. C'est une expérience curieuse que celle qui consiste à ajouter de l'eau à une batterie chargée d'une dissolution de sulfate de zinc acide et saturée ; car on voit immédiatement, alors, la puissance et le mouvement succéder à l'inertie et à l'immobilité. Le rôle de l'eau n'a peut-être pas assez fixé l'attention ; dans les manipulations électro-métallurgiques, il faut toujours avoir soin d'ajouter une suffisante quantité de ce liquide au sel métallique, afin que quand le sel se forme, il puisse se dissoudre librement. Si les fleuves avaient été remplis d'acide sulfurique anhydre, et que l'eau eût été fabriquée dans les laboratoires, nous aurions pu conclure

alors que l'eau agissait en excitant l'action de la batterie, et que l'acide était d'une importance secondaire; mais comme c'est le contraire qui existe, nous avons conclu légèrement que l'acide excitait l'action de la batterie et que l'eau n'occupait que le second rang par son importance; disons que ces deux corps sont aussi indispensables l'un que l'autre : l'acide pour rendre le métal soluble, et l'eau pour dissoudre le sel métallique nouvellement formé. Les différents sels varient beaucoup sous le point de vue de leur solubilité dans les liquides. Ainsi, le sulfate de zinc se dissout promptement, tandis que le ferro-cyanure de potasse et le sulfate de cuivre se dissolvent avec lenteur; ce phénomène ne dépend pas de la quantité de sel que l'eau s'assimile. Cette propriété est d'une grande importance, non-seulement quand on emploie la batterie galvanique, mais encore quand on fait usage de l'auge à précipiter. Après tout ce qui précède, il ne faut pas croire qu'une batterie, qui exécute beaucoup de travail, n'occupe qu'un petit espace; car on peut calculer à la fois la puissance du travail d'une batterie : 1° par son volume, 2° en s'assurant d'abord de la nature du sel qui se forme sous l'influence du courant, 3° puis de la solubilité de ce sel dans l'eau; on pourra connaître alors la somme de puissance galvanique qu'on peut atteindre à l'aide d'une batterie quelconque. Le seul moyen qu'il y ait de diminuer le volume d'une batterie galvanique, tout en lui faisant exécuter la même somme de travail, consiste à avoir soin que le sel qui se forme pendant que la batterie est en action, soit soluble dans une petite quantité d'eau.

20. Quel que soit le liquide qu'on emploie pour charger la pile, son efficacité repose sur les mêmes principes, mais l'intensité varie avec chaque corps étranger qu'on introduit dans l'eau. Ainsi, les acides sulfurique et nitrique étendus, ou la dissolution d'un sel, impriment plus ou moins de puissance à la pile. Cependant une augmentation ou une diminution dans la proportion de ceux-ci n'influe pas sur l'intensité, quoique la quantité soit matériellement changée; car si dix gouttes d'acide sulfurique sont placées dans un litre d'eau, l'intensité sera aussi considérable que si l'on employait un litre du même acide. Mais la quantité, dans le premier cas, serait infiniment moindre que dans le second.

21. La nature du liquide agit aussi sur la résistance qui s'offre au courant galvanique, car il n'existe pas deux liquides qui soient également bons conducteurs de ce fluide. D'après ce qui précède, on peut prévoir quelles sont les conditions à remplir pour construire convenablement une

batterie; il faut d'abord se munir de deux corps bons conducteurs, séparés par un liquide également bon conducteur. La somme d'action qui en résultera sera proportionnée à l'action rapide du liquide sur un de ces corps, et à son inaction sur l'autre, et dépendra du volume des plaques terminales de la batterie. Cette somme d'action peut être, à juste titre, nommée puissance de la batterie; mais elle se trouve toujours diminuée, 1° par la légère résistance que les métaux opposent au passage du courant, 2° et par la résistance que lui oppose le liquide interposé aux deux corps, résistance qui est proportionnée à l'épaisseur de ce liquide. Si au lieu d'un métal bon conducteur, on établit la communication entre les plaques terminales à l'aide d'un corps médiocrement bon conducteur, ou à l'aide d'un fil métallique très-long, alors la puissance de la batterie se trouvera encore diminuée. Une batterie à simple cellule, composée de deux métaux et d'un liquide, pourvu que cette cellule soit grande, pourra fournir une somme indéterminée d'action, si aucun obstacle ne vient s'opposer au passage du courant voltaïque. S'ils ne sont point en contact, ils resteront inactifs; mais dès que le contact a lieu, soit dans le liquide excitant, à distance, ou à l'aide d'un liquide d'une décomposition plus facile que le liquide excitant de la batterie, alors la pile entre immédiatement en action. La communication peut avoir lieu à l'aide d'un long fil avec les mêmes résultats. Dans ce cas, cependant, que le fil soit long, d'un petit diamètre, ou fait d'un métal doué d'une conductibilité médiocre, on ne tardera pas à s'apercevoir que la quantité d'hydrogène qui se dégage du métal négatif diminue, ce qui prouve qu'un obstacle s'oppose au passage du fluide électrique. Mais si l'on donne de l'intensité au fluide, alors l'hydrogène se dégagera avec autant de facilité qu'auparavant.

22. Pour obtenir cette intensité, il faut recourir à un certain nombre de piles disposées en séries, ce qu'on obtient en faisant communiquer le zinc d'une pile avec l'argent d'une autre pile, en ayant soin de laisser libres le zinc et le cuivre qui en forment les extrémités. On peut ainsi unir une centaine de piles, mais la quantité de fluide ne sera pas augmentée; car il ne se forme qu'une quantité d'électricité, égale à celle qu'on obtient quand on se sert d'une seule cellule.

Dans ce cas, cependant, la même quantité peut traverser une plus grande résistance; car il semble qu'à chaque alternation de la pile, le fluide électrique acquiert une nouvelle impulsion pour vaincre l'obstacle qui s'oppose à son passage.

La somme d'électricité pourra, dans une batterie composée, posséder une puissance égale à celle qu'elle aurait dans une seule cellule, multipliée par le nombre de cellules. Par cette disposition, la somme d'électricité qui passe actuellement ne sera pas plus élevée qu'elle ne serait, s'il n'y avait aucun obstacle à vaincre.

Ohm, dans une élucubration mal rédigée, a donné la formule mathématique du courant galvanique. Sa formule générale peut être exprimée ainsi : l'action (A) est égale à la force électro-motrice (E), multipliée par le nombre de batteries (n), divisée par la résistance que le courant doit vaincre, extérieure au liquide de chaque batterie (R), plus la résistance qu'offre la disposition particulière de chaque cellule r, multipliée par le nombre de cellules (n).

Ce qu'on peut exprimer ainsi :

$$A = \frac{nE}{nR + r}$$

Dans cette formule il a banni les termes quantité et intensité, et a malheureusement fait entrer le contact au lieu de la théorie chimique de la pile, qui est généralement adoptée en Angleterre.

23. Il n'y a aucun avantage, et même il y a consommation en pure perte, si l'on fait usage d'une pile d'une intensité plus grande qu'il est nécessaire pour vaincre une résistance donnée, que celle-ci soit produite par un fluide à décomposer ou par tout autre agent ; car si dix cellules, disposées de manière à former une pile composée, sont suffisantes pour vaincre l'obstacle, l'effet de 60 cellules arrangées en six séries de dix chaque, serait six fois aussi fort que si une série de dix cellules seulement était employée, parce qu'elles formeraient alors une pile de six fois le même volume, mais de la même intensité qu'auparavant. Cependant, si le tout était employé comme une série, la décomposition qui en résulterait serait infiniment moindre que six fois la quantité ; et, pour employer la pile avec avantage, il faut se graver ce fait dans la mémoire. En outre, si les surfaces sont augmentées avant qu'on ait obtenu une intensité suffisante, ce fait ne produira pas une puissance totale proportionnée.

Les tableaux ci-dessous rendront plus clair le moyen de disposer une série de piles, d'abord pour en faire une vaste pile, en faisant communiquer tous les éléments zinc, et tous les éléments argent ensemble.

z z z z z z z
A A A A A A A

Ou bien pour en faire une batterie composée en faisant communiquer alternativement le zinc d'une pile avec l'argent d'une deuxième.

— *z* — *az* — *az* — *az* — *a* —

24. Une pile composée, ou formée de plusieurs cellules, dégage dans chaque compartiment la même quantité d'électricité, et conséquemment la même quantité de zinc est dissoute dans les deux cas. Moins on emploiera de cellules pour vaincre l'obstacle, plus il y aura d'économie. Il est donc clair qu'aussitôt que, par l'accroissement des séries, on a obtenu une intensité suffisante pour vaincre partiellement la résistance, on devra chercher la quantité en augmentant la surface; car, si une seule cellule, ou une seule série, exige 500 grammes de zinc pour produire une quantité de travail donnée, ce même travail est obtenu plus vite à l'aide de douze cellules et 6 kilog. de zinc sont dissous, savoir : 500 grammes dans chaque cellule. Quelle que soit l'étendue des cellules, le résultat sera le même, car il n'y aura pas plus de zinc de dissous.

25. La forme de pile composée la plus simple, est la couronne des Tasses, qui est formée de disques alternatifs de zinc et de platine soudés ensemble; le zinc doit être placé dans un verre, le platine dans un autre verre, et la série ainsi arrangée peut être chargée avec de l'acide sulfurique étendu. Il faut avoir soin que le métal des paires alternatives ne soit point en contact dans le liquide.

26. Lorsqu'on ne veut obtenir que l'intensité seulement; on doit employer un grand nombre de disques, comme dans la colonne de Deluc, qui est construite avec des disques de deux métaux séparés par des disques de papier. Il y a plusieurs méthodes pour construire ces piles : la plus commune de toutes consiste à placer alternativement des disques de papier argenté sur des disques semblables de zinc, en ayant soin que la série (c'est-à-dire la position relative du zinc) ait toujours la même direction. Cette espèce de pile peut aussi être faite de disques de papier dont une face est argentée ou dorée, et l'autre enduite d'une couche de miel et d'oxyde noir de manganèse; toutefois il faut éviter que le manganèse ne soit exposé à l'action du soleil, car dans ce cas il devient inerte. Il faut aussi que le papier doré ou argenté ne soit pas recouvert d'un vernis comme celui qu'on trouve dans le commerce. 500 à 1,000 disques sont nécessaires pour construire un appareil qui produise quelque effet.

27. Les plus fortes batteries qu'on employa pendant long-

temps, consistaient en cuivre et zinc, disposés de différentes manières, suivant le caprice de l'opérateur. Ainsi, le cuivre de chaque cellule entourait le zinc, et tous deux étaient disposés de manière à s'ajuster dans une auge en porcelaine ayant 8, 10 cellules et même plus. Chaque cellule doit être considérée comme une pile distincte, quoique le cuivre et le zinc de la totalité de l'auge soient réunis. Cette disposition a été imaginée pour retirer d'un seul coup les couples de l'auge.

28. Dans cette batterie composée, un diaphragme de porcelaine sépare chaque pile simple. Mais le docteur Hare découvrit qu'une série de couples pouvait être placée dans une seule auge, pourvu que les métaux de chaque couple ne plongeassent pas dans le liquide; que le métal électro-positif ne fournit une puissance irradiante qu'au métal électro-négatif de la paire à laquelle il appartient; qu'enfin le métal électro-négatif n'agit d'une manière identique par rapport à aucun métal électro-positif. Cette forme de pile est très-peu connue en Angleterre, et n'est que rarement employée, je crois, dans les autres pays.

29. Il y a une autre forme de pile qui a été inventée par Cruikshank, et qui consiste en plaques carrées de zinc et de cuivre soudées ensemble et fixées à des intervalles réguliers dans une auge en bois; le zinc étant toujours dans une certaine direction dans cette pile, ce sont les métaux eux-mêmes dont la distance des uns aux autres forme les cellules.

30. Il existe plusieurs autres formes de piles composées qui ne méritent pas ici une mention particulière, attendu que les principes qui ont été déjà établis les concernent toutes.

31. Pourvu que les métaux soient suffisants pour conduire le courant, leur épaisseur n'exerce aucune influence sur la quantité d'électricité, car cette quantité dépend de la surface soumise au contact du liquide; et si les métaux sont trop minces pour conduire l'électricité, il s'ensuivra une diminution dans la quantité du courant produit, diminution semblable à celle qui a lieu lorsqu'on emploie des fils très-déliés : pour cette raison, de la poterie, couverte de platine, n'a pas pu être employée comme pôle négatif d'une pile de Grove, la couche de platine n'étant pas d'une épaisseur suffisante. Cependant, quelque mince que soit la surface du corps métallique bon conducteur qui a été employé, le courant le traversera graduellement, propriété d'une grande importance pour l'électrotypie.

32. Les métaux étant bons conducteurs, et les oxydes mé-

talliques non-conducteurs, il est important que le métal négatif présente une surface parfaitement décapée, sans quoi ce métal serait complètement sans action; c'est pourquoi, lorsqu'on emploie les piles de formes anciennes, le cuivre doit être nettoyé avec soin pour le débarrasser de l'oxyde qui le recouvre, avant de mettre la pile en action.

33. Quand le métal est bien décapé avant de l'employer, cela ne l'empêche pas de perdre sa puissance très-vite et presque instantanément. Ce fait dépend principalement, si ce n'est pas tout-à-fait, de l'adhérence de l'hydrogène au métal négatif qui, par là, se revêt d'une couche de ce gaz qui est non-conducteur, et devient ainsi sans action. L'état de la surface exerce une influence sur l'adhérence de ce gaz.

Le lecteur peut, à l'aide de l'expérience suivante, se convaincre facilement de la vérité de cette assertion : qu'on plonge dans un gobelet contenant de l'acide sulfurique étendu, une plaque de cuivre poli, et qu'on mette un fragment de zinc en contact avec le cuivre sous la surface du liquide, des bulles d'hydrogène ne tarderont pas à se montrer sur le cuivre, et le couvriront en peu d'instants. On remarquera que ces bulles, au lieu de s'élever à la surface et de crever dès leur dégagement, continueront d'adhérer au métal; ceci dépend du principe appelé adhérence hétérogène, qui ne peut avoir lieu que lorsque la surface de deux corps se trouve en contact immédiat. Une surface polie de métal détermine l'adhérence du corps avec assez de force pour contrebalancer la tendance du fluide gazeux à s'élever vers la surface du liquide; cette force doit avoir une grande énergie si l'on considère la différence de pesanteur spécifique de l'hydrogène et de l'eau. En rendant la surface rugueuse, à l'aide d'un gros papier de verre, on obvie, jusqu'à un certain point, à cet inconvénient, mais cependant on n'y remédie pas entièrement. Le moyen de vaincre cette adhérence sera exposé lorsque je décrirai ma batterie. Pour donner une idée de la quantité d'hydrogène qui adhère sur une surface métallique polie, je dirai que j'ai souvent vu le platine, le plus lourd de tous les corps, s'élever, par la force ascendante de l'hydrogène, jusqu'à la surface de l'eau après avoir été mis en contact avec le zinc.

34. Les mêmes observations s'appliquent au métal positif; car, lorsque le zinc, même impur, est poli, l'hydrogène y adhère avec tant de force, que presque aucune action n'aura lieu jusqu'à ce que la surface soit corrodée; c'est alors qu'elle acquerra immédiatement une grande énergie. Il y a cependant un autre moyen de vaincre cette action locale : je

ne l'ai pas indiqué plus tôt, parce que je crois que cette action dépend de ce qu'on facilite l'adhésion de l'hydrogène. Il consiste en un amalgame du zinc. En préparant une pile, cette précaution ne doit pas être négligée, d'autant plus qu'elle est très-économique, puisqu'elle n'exige qu'une très-petite quantité de mercure. Lorsqu'on y a recours, on doit agir sur la surface du zinc soit à l'aide d'un acide, soit en râclant la surface oxydée, puis on la frictionne avec du mercure métallique.

Dans la pratique, des plaques de zinc sont placées pendant quelques instants dans de l'acide sulfurique étendu, puis on les frotte avec soin, avec du mercure. Pendant cette opération, il faut que les ouvriers fassent absorber au zinc la plus grande quantité de mercure possible, et par le moyen qui paraîtra le plus économique. N'oublions pas à qui nous devons cette découverte, qui permet à elle seule de répandre dans les arts l'usage des batteries galvaniques. La postérité sera reconnaissante envers son inventeur, M. Kemp, que l'on serait d'autant plus disposé à oublier qu'il n'appartenait point à la Société royale, et qu'il n'était point au nombre des professeurs officiels de Londres.

Voici l'explication que j'ai essayé de donner de ce progrès important : le mercure enveloppe les petites parties de charbon et de métaux étrangers qui sont mêlés au métal, c'est pourquoi le premier gaz qui se dégage y adhère avec tant de force, que chaque point du métal en est recouvert, ce qui empêche toute action ultérieure ; car, de tous les métaux connus, il n'y en a pas auquel l'hydrogène s'attache aussi fortement qu'au mercure. Voici une expérience qui prouve que l'absence d'action dépend de l'adhérence de l'hydrogène : si on met un amalgame de zinc dans de l'acide sulfurique étendu, il n'y aura pas de dégagement de gaz, mais l'amalgame se recouvrira de larges bulles ; si on ajoute dans l'acide un peu de sulfate de cuivre, de nitrate d'argent, ou de chlorure de platine, un changement instantané aura lieu, car l'hydrogène ne se dégagera pas, mais sera absorbé à l'état naissant pour réduire les oxydes de ces métaux.

L'action protectrice que le mercure exerce à l'égard du zinc, n'a lieu que lorsque l'hydrogène doit se dégager et non pas être absorbé ; ainsi il ne protège que fort peu le zinc lorsqu'il est placé dans de l'acide nitrique étendu, parce que l'hydrogène, à l'état naissant, est absorbé par l'acide nitreux et ne se dépose pas à la surface du zinc. Ce fait peut être facilement vérifié, si on se sert de deux morceaux d'amalgame de zinc d'égal volume. En plaçant l'un d'entre eux

dans de l'acide sulfurique étendu, et l'autre dans de l'acide nitrique également étendu, on verra que l'action sur le zinc est beaucoup plus prononcée dans le dernier cas que dans le premier. En effet, dans l'acide sulfurique étendu, la durée du zinc bien amalgamé sera de plusieurs jours et même de plusieurs semaines; en sorte qu'au bout de ce laps de temps, ce métal n'aura perdu qu'une partie insignifiante de sa masse. Ces observations montrent, d'une manière évidente, la nécessité de ne pas employer l'acide nitrique quand on veut produire économiquement le fluide galvanique.

Le temps n'a fait que confirmer la haute opinion que je me suis formée de l'importance de la découverte de l'usage d'amalgamer le zinc, et c'est avec plaisir que j'ai vu le paragraphe qui précède, copié textuellement dans la *Biographie* de M. Kemp, publiée dans le *gentleman's magazine*, ce qui prouve que son biographe avait la même opinion que moi sur l'importance de cette découverte.

35. Dans un traité élémentaire, il est hors de propos d'insister sur ces points, mais ceux qui désirent les connaître à fond peuvent consulter le *Magasin philosophique d'avril* 1840, ou les *Transactions de la Société des arts*, de la même année. L'étude de ces faits m'a donné l'idée de construire la batterie chimico-mécanique dont nous parlerons, après avoir décrit les autres variétés de batteries. Cependant, avant de nous étendre sur ce sujet, il est nécessaire d'indiquer une autre propriété des métaux à laquelle nous n'avons point encore fait allusion, à savoir : que les métaux les moins oxydables, comme le platine, s'ils sont mis en rapport avec ceux qui ont le plus d'affinité pour l'oxygène, se revêtent d'une telle quantité d'air, que leur emploi devient infructueux, parce qu'ils présentent au liquide une couche d'un corps mauvais conducteur, au lieu de présenter une couche métallique. Cette couche d'air peut être immédiatement détruite par la chaleur ou par de l'acide nitrique concentré. Ce fait est connu depuis longtemps, et l'expérience vulgaire qui consiste à faire surnager de la limaille de fer, tandis qu'on fait descendre au fond de l'eau de la magnésie en poudre impalpable, en est un exemple; mais je ne pense pas qu'on ait jamais considéré ce fait comme dépendant de l'influence du fluide galvanique.

36. La manière dont le dégagement de l'hydrogène a lieu influe sur la puissance de la pile; car si ce gaz se dégage à l'état naissant, du métal négatif, à l'aide d'une substance qui cède de l'oxygène pour se combiner avec lui, l'intensité est plus grande que lorsque ce gaz s'échappe. La cause de ce

phénomène n'est pas parfaitement connue ; quelques personnes pensent qu'elle provient de l'action chimique qui a lieu aux deux pôles de la pile, tandis que d'autres l'expliquent dans l'hypothèse que l'hydrogène entraîne une certaine quantité d'électricité de tension, en considérant que l'électromètre à feuilles d'or est influencé lorsqu'on l'approche de l'hydrogène qui vient de se dégager.

37. Aucune amélioration n'avait encore été faite dans la pile galvanique, telle que nous l'avons décrite. En effet, toutes les modifications n'avaient porté que sur le volume, la forme (telles sont les cellules plates et les cellules rondes), ou sur la disposition respective des métaux. Mais ces changements peuvent être à peine considérés comme un progrès. Enfin le professeur Daniell dirigea son attention sur ce sujet et construisit une pile d'après des principes entièrement nouveaux.

38. La batterie qu'il a préconisée présente de 203 à 609 millimètres de haut sur 100 millimètres de diamètre. Le récipient externe doit être en cuivre, on peut en peindre l'extérieur qui ne joue aucun rôle dans la production de l'électricité. Il faut éviter d'en peindre la surface intérieure.

On verse dans ce récipient une dissolution de sulfate de cuivre, au lieu d'acide étendu dont on se sert dans les autres batteries; mais si, dans cette circonstance, une plaque de zinc était plongée dans cette dissolution, et si le contact était opéré, le cuivre de la dissolution serait réduit et se déposerait sur le zinc aussi bien que sur le cylindre extérieur ; et de cette manière la batterie cesserait d'avoir aucun effet. On vit donc qu'il était nécessaire d'enfermer le zinc dans un vase poreux, afin de le séparer du sulfate de cuivre ; on y parvint au moyen d'un sac ou diaphragme de baudruche ; c'est dans cette membrane, qui fait l'office de vase intérieur, qu'on met le zinc avec de l'acide sulfurique étendu On a de cette manière un cylindre extérieur en cuivre contenant une dissolution de sulfate de cuivre, et une capacité intérieure contenant le zinc et l'acide étendu. Aussitôt que le contact a lieu, le zinc est dissous, le sulfate de zinc est retenu dans la partie intérieure du vase, et l'hydrogène, au lieu de se dégager au pôle négatif, réduit le cuivre de son sulfate.

Le vase intérieur peut être considéré comme désavantageux, en ce qu'il diminue la puissance de la pile : plus le vase est poreux et plus la quantité d'électricité qui se développe est grande. C'est dans ce but qu'on emploie de gros papier commun, de grosse toile, de la poterie poreuse, au lieu d'une membrane, d'une vessie ou d'un fragment d'intes-

tia comme on le faisait précédemment. Le professeur Daniell emploie, comme métal positif, des baguettes de zinc qu'il amalgame; et comme un peu de cuivre passe toujours à travers les parois du vase poreux, cette opération doit être répétée chaque fois qu'on en fait usage. Dès qu'on s'est servi des tubes en poterie, on doit les plonger dans de l'eau et on les y laissera jusqu'à ce que le sulfate de cuivre soit dissous. Sans cette précaution, le sel en se cristallisant, pourrait boucher les pores du vase et le faire éclater.

39. Quelques expérimentateurs ont pensé que le zinc était trop éloigné du cuivre quand il en était à 50 millimètres de distance; ils ont donc fait usage de cylindres d'un plus petit diamètre; quoique l'on obtienne une augmentation de puissance à l'aide de ce moyen, cependant son application présente plus d'inconvénients que l'emploi du procédé du docteur Daniell. Quand on fait usage des tubes poreux, de n'importe quelle espèce, toutes les fois que la réduction du métal a lieu, on doit éviter avec soin que les plaques de la batterie ne soient en contact avec le vase poreux; sans cela la réduction du métal s'effectuant, celui-ci se déposerait sur le vase, et à la longue une ligne de continuité s'étendrait de l'un à l'autre.

Quelques personnes, dans l'unique but de se faire passer pour inventeurs, ont construit, sans aucun avantage, des batteries carrées, oblongues et de beaucoup d'autres formes, dans lesquelles il y a autant d'inconvénients que d'avantages.

40. La batterie de Daniell se fait surtout remarquer par la constance de ses effets, c'est-à-dire qu'elle a la propriété de produire exactement la même quantité d'électricité pendant un long espace de temps; c'est pour cette raison qu'elle est d'une grande supériorité dans beaucoup d'expériences.

41. Cependant, certaines précautions sont nécessaires pour obtenir de la constance dans ses effets; car si on changeait le volume des fils métalliques employés pour établir la communication, si leur longueur était sensiblement diminuée ou augmentée, alors il y aurait variation dans la quantité d'électricité. La distance entre les pôles et le volume de ces derniers doit rester la même; et il faut aussi avoir soin que les tubes poreux soient de la même texture; car on doit se rappeler que si un seul tube en poterie d'une mauvaise qualité était mis en usage dans une batterie à grande surface, la quantité d'électricité en serait influencée.

42. Plusieurs erreurs sont provenues de l'emploi du mot *constance* : on s'en sert souvent pour exprimer une action longtemps continuée, mais cette expression a ici un sens tout

différent ; car, une batterie peut être *constante* et ne rester en action qu'un court espace de temps ; tandis qu'une batterie pourrait continuer d'agir pendant des années et n'être pas constante dans son action ; la propriété d'une longue durée est cependant la plus utile (1).

43. Les principaux inconvénients de cette batterie sont : 1° le temps nécessaire pour la mettre en action ; 2° l'embarras et la dépense qui accompagnent l'emploi des tubes poreux ; la nécessité d'amalgamer de nouveau les plaques à chaque instant, et enfin la quantité insuffisante de fluide que les vases poreux contiennent pour dissoudre le sulfate de zinc.

44. Le principal avantage que cette batterie possède sur toutes les précédentes, est le transport de l'hydrogène (au lieu de son dégagement) au pôle négatif quand il est à l'état naissant, ce qui a lieu par la décomposition du sulfate de cuivre ; voilà pourquoi cette batterie ne dégage pas de vapeurs. Pour tirer le plus grand avantage de la force de décomposition de cette pile, il est nécessaire d'employer une série de dix ou douze éléments.

45. Une autre batterie construite sur les mêmes principes, quoique appliqués d'une manière différente, a été imaginée par M. Grove ; il emploie le platine comme métal négatif, il verse dans la cellule intérieure de l'acide nitrique très-concentré, et il place dans la cellule extérieure, avec le zinc, de l'acide sulfurique ou hydrochlorique étendu. La forme que M. Grove préfère est une auge à plusieurs cellules, comme celle de Wollaston, qui contient dans son intérieur des tubes poreux plats, de la forme d'un parallélipipède ; et comme le platine est un métal dispendieux, il a soin de mettre toute sa surface en action, en l'entourant complètement de zinc. Dans cette batterie, l'acide nitrique est décomposé par l'hydrogène, et il se dégage du deutoxyde d'azote, lequel se trouvant en contact avec l'air atmosphérique, est converti en acide nitreux.

46. Cette batterie est remarquable à cause de sa force ; une série de quatre couples étant suffisante pour opérer la plupart des décompositions.

(1) 42. Pour mieux faire comprendre ce qu'on doit entendre par la constance d'une pile électrique, servons-nous d'une comparaison : une bonne montre, lorsqu'elle aura été remontée, marchera avec une vitesse constamment égale, jusqu'à ce que son ressort, tout-à-fait détendu, l'oblige à arrêter. Telle doit être la constance d'une pile galvanique à effets continus. Elle doit fournir, jusqu'à son entier épuisement, une *quantité* et une *intensité* égales d'électricité. Voir à l'Appendice l'excellente notice de M. Ed. Becquerel sur les piles à courant constant.



Une grande série laisse apercevoir un arc lumineux très-brillant; ce phénomène y est plus marqué que dans toutes les autres batteries. Cependant, malgré sa grande intensité, elle présente de graves inconvénients; car les vapeurs d'acide nitreux qui se dégagent pendant qu'elle est en action, sont dangereuses pour l'économie animale, et il y aurait de l'imprudence à s'y exposer sans que l'air circulât librement. Ces vapeurs nitreuses attaquent presque toutes les surfaces métalliques qui sont exposées à leur contact; c'est pourquoi cette batterie ne doit pas être employée dans un local où il y aurait des appareils en métal poli.

L'acide nitrique, en outre, passe à travers les tubes poreux, et attaque fortement le zinc, indépendamment de celui qui est dissous pour engendrer l'électricité. Enfin, à tous ces inconvénients, il faut ajouter l'embarras et les frais qui accompagnent l'emploi des tubes poreux.

47. Nous avons vu jusqu'ici que la batterie de M. Grove est construite sur le même principe que celle proposée par le professeur Daniell, car dans toutes deux, l'hydrogène est dégagé à l'aide de moyens chimiques, dans l'une par l'acide nitrique, et dans l'autre par le sulfate de cuivre. Cette batterie offre de grands avantages, puisqu'elle possède un des meilleurs fluides conducteurs que nous connaissions. En effet, le docteur Faraday a découvert que l'acide nitreux qui se forme pendant que la pile opère, possède cette propriété au plus haut degré. Il est digne de remarque que l'usage de l'acide nitrique soit connu depuis longtemps, car dans toutes les anciennes batteries, une certaine quantité de cet acide est employée. Il existe plusieurs moyens à l'aide desquels on peut obtenir les mêmes résultats; comme par exemple en employant le nitrate d'argent, ou les sels d'or, de palladium et de platine, ou d'autres acides oxygénés, tels que l'acide sodique, chlorique ou bromique. J'ai essayé plusieurs autres moyens, mais je ne suis arrivé jusqu'à présent à aucun résultat nouveau, et je n'ai pas encore trouvé de disposition supérieure pour l'intensité à la batterie à acide nitrique.

On a proposé, il n'y a pas longtemps, à la société de chimie, une nouvelle substance pour remplir le même but; nous voulons parler du bichromate de potasse, on verse une dissolution de ce sel du côté négatif de la batterie, tandis qu'on met de l'acide sulfurique étendu du côté zinc. Dans ce cas le zinc est dissous dans la partie externe de la batterie par l'acide sulfurique étendu, tandis que le bichromate de potasse est décomposé au pôle négatif; ici, comme dans toutes les piles à diaphragme, on double la dépense sans augmentation

dans la puissance, et il y a perte de temps et d'argent. L'application ingénieuse de ce sel a été recommandée pour la première fois par M. le docteur Leeson. Une batterie de Daniell chargée de bichromate de potasse, au lieu de sulfate de cuivre, forme la batterie de Leeson, mais elle n'est point généralement mise en usage. La pile de Grove chargée de potasse, au lieu de l'être d'acide nitrique, possède aussi une grande puissance.

On a quelquefois employé une pile où le fer entrait comme pôle négatif. Shenbein a prouvé qu'elle pouvait être employée comme une batterie de Grove, mais quoiqu'on ait tenté de la répandre sous un nom nouveau, on l'emploie rarement, parce que le fer est sujet à être attaqué. J'ai quelquefois fait usage d'une pile à éléments de fer platiné, mais on peut lui faire les mêmes objections qu'à la précédente.

48. En faisant une série d'expériences sur le ferro-cyanure de potassium, ayant eu plusieurs occasions d'employer la batterie galvanique, j'ai vu que, quoique les deux batteries précédemment décrites fussent des instruments admirablement construits, cependant il était à désirer qu'on pût en imaginer un dont la mise en action fût instantanée et accompagnée de beaucoup moins d'embarras. Je m'efforçai donc de construire une pile qui n'exigeât que peu de soins dans son emploi, et j'y parvins en imaginant la batterie chimico-mécanique.

49. Après avoir étudié avec soin tous les caractères des métaux qui entrent dans la construction de ces sortes d'appareils, cette batterie fut établie sur la connaissance de la propriété que les surfaces rugueuses possèdent de dégager l'hydrogène, tandis que les surfaces polies favorisent son adhérence. Ainsi, quel que soit le métal qu'on emploie comme pôle négatif, il faut en rendre la surface rugueuse soit par l'emploi d'un acide concentré, l'acide sulfurique pour le fer, l'acide nitrique pour le cuivre ou l'argent, ou en frottant mécaniquement la surface avec du papier de verre. Par ces moyens, l'emploi des métaux est rendu beaucoup plus efficace; mais pour tirer le plus grand avantage de ce principe, je recouvre le platine, à l'aide du fluide galvanique, d'une poudre noire de platine finement divisée; c'est-à-dire que je dispose le platine comme le cuivre est disposé dans la batterie de Daniell; mais au lieu d'employer le sulfate de cuivre dans le vase extérieur, j'emploie une petite quantité de chlorure de platine; et alors, la poudre métallique est déposée d'une manière aussi efficace sur la plaque de platine préalablement frottée avec du papier de verre. Par le même moyen, cette poudre est déposée avec le même résultat sur le palla-

dium, sur l'argent (attaqué par l'acide nitrique), sur les plaques de cuivre, sur toute espèce de fer et sur du charbon; mais aucun autre métal n'a pu recevoir ce dépôt. L'argent est le métal le plus généralement employé, à cause de son prix relatif peu élevé et parce qu'il ne subit aucune altération. Mais, quel que soit le métal qu'on adopte, le principe est le même, c'est-à-dire qu'on obtient une surface à laquelle l'hydrogène n'adhère pas, mais de laquelle ce gaz se dégage. La multitude de points que présentent les surfaces rugueuses, paraît être la cause de cet excellent résultat. La préparation de ces plaques d'argent est maintenant une branche spéciale d'industrie, et les métaux recouverts de platine peuvent être achetés tout prêts à être employés. Mais ceux qui désirent exécuter eux-mêmes cette opération en trouveront ci-après une courte description (N° 50).

50. Le métal qu'on veut préparer doit être d'une épaisseur suffisante pour conduire le courant électrique, et doit être rendu rugueux soit avec du papier de verre, comme dans le cas où on emploie le platine ou le palladium, soit, si c'est de l'argent, en le frottant avec un peu d'acide azotique concentré jusqu'à ce qu'il acquière un aspect mat.

L'argent est alors lavé et mis dans un vase avec de l'acide azotique étendu auquel on ajoute quelques gouttes de chlorure de platine. On place ensuite dans ce vase un tube poreux avec quelques gouttes d'acide sulfurique étendu, et dans ce tube on met le zinc. Le contact étant obtenu, le platine se déposera en peu d'instants à la surface de la plaque d'argent sous forme de poudre noire. L'opération est alors achevée, et le métal *platiné* est prêt pour l'usage. Le fer, ainsi préparé, est aussi bon que l'argent et lui sera même quelquefois substitué avec avantage.

Quand on emploie ce dernier métal, il suffit de le frotter avec un peu de chlorure de platine, et l'on verra de suite un dépôt de poudre noire se manifester.

Le palladium et l'iridium sont tout aussi bons que le platine pour revêtir les autres métaux, et dans l'argent platiné du commerce, il entre généralement une grande quantité de ce dernier métal. Il y a quelques mois, certaines personnes ont proposé l'emploi des toiles métalliques, mais il est difficile de comprendre quel serait l'avantage qu'offrirait cette substitution, car la dépense serait plus grande, la surface pour le même poids du métal, moindre, et on n'y gagnerait ni espace ni énergie d'action.

51. Le liquide qu'on emploie généralement pour charger cette batterie, est un mélange d'une partie d'acide sulfurique

et de sept parties d'eau. Ce mélange présente assez de force pour n'importe quelle expérience. Quand on veut obtenir une plus grande intensité, il faut ajouter au mélange précédent quelques gouttes d'acide azotique; mais il ne faut pas en mettre une trop grande quantité, sans cela l'argent serait attaqué. Cependant, lorsqu'on se sert de platine pur, on peut mettre en usage l'acide nitrique, sans inconvénient.

L'électro-métallurgiste trouvera avantageux d'employer une dissolution contenant d'un dixième à un seizième d'acide pur, et d'ajouter une nouvelle quantité d'acide à mesure que la solution est épuisée; il faut veiller, cependant, à ce que la quantité d'acide n'excède jamais le quart de la quantité d'eau introduite dans l'appareil, car tout ce qui excédera cette mesure sera superflu, attendu que le liquide se saturerait de sulfate de zinc (19). Le zinc, l'acide et l'eau étant absolument nécessaires pour charger la pile, il est possible de les gouverner de telle sorte qu'ils se trouvent tous trois épuisés en même temps; car alors le zinc neutralise l'acide, et le sulfate qui résulte de leur combinaison sature complètement l'eau. Ceci, cependant, quoique très-intéressant en théorie, ne pourrait être mis en pratique et exécuté avec précision. Cependant on ne doit pas perdre de vue ce fait toutes les fois qu'on charge une pile.

52. De nombreuses recherches ont été faites pour trouver la disposition la plus appropriée à l'emploi de cette batterie, mais cette disposition doit dépendre du but qu'on se propose.

Les commençants pourront se contenter de l'auge en porcelaine ou en gutta-percha à plusieurs cellules, qui doit être construite de manière à employer à volonté toutes ou plusieurs cellules, indépendamment les unes des autres.

L'argent étant le métal le plus dispendieux, il doit être complètement entouré de zinc, afin que tout l'argent soit mis en action. Lorsqu'on veut que la batterie continue d'agir pendant longtemps, par exemple des jours et même des semaines, on doit employer un vase suffisamment grand pour contenir une grande quantité d'acide étendu (fig. 3). Pour les usages électro-métallurgiques, on a reconnu que le moyen le plus économique consiste à employer un récipient dont la capacité soit assez considérable pour contenir une quantité de liquide qui puisse durer de 6 à 7 jours. La forme de batterie la plus répandue pour ces usages, consiste en une plaque d'argent S (fig. 4), sur le sommet de laquelle est ajustée une traverse de bois (W) pour empêcher tout contact avec l'argent. Une vis est soudée à l'argent, afin de le fixer

contre un objet quelconque. Une lame de zinc, qui varie suivant la volonté de celui qui opère (Z), depuis la moitié de la largeur de l'argent, jusqu'à cette largeur elle-même, est placée de chaque côté de la pièce de bois, ces deux lames sont retenues en place par un cercle assez grand pour embrasser tout à la fois les deux lames de zinc et le bois. La capacité de ces batteries varie depuis celle d'un grand verre à boire jusqu'à la contenance de 10 à 12 gallons (mesure de 4 litres).

Les petits morceaux de zinc qui ne sont pas dissous dans la pile sont d'une haute importance pour les manufacturiers qui font usage de cette pile. Quelques-uns d'entre eux en retirent le mercure par la distillation, d'autres les vendent aux fondeurs de zinc, tandis que d'autres les gardent en réserve, espérant qu'on découvrira plus tard le moyen de les utiliser d'une manière plus fructueuse. Quelques manufacturiers possèdent des masses considérables de ces rognures qu'ils désireraient vivement pouvoir utiliser. Après avoir mûrement examiné ce sujet, voici ce que j'ai trouvé pour en tirer parti : je m'en sers pour former le pôle positif de la pile en les plaçant au fond d'un vase et en les recouvrant de mercure. On place ensuite un fil métallique qui parcourt un tube en verre ou en gutta-percha, et qui va plonger dans le mercure de telle sorte, que le fil ne soit pas en contact avec l'acide sulfurique étendu dont le vase est rempli, et que cependant il puisse établir la communication avec le mercure. On peut fixer une vis à l'autre extrémité du fil pour la commodité de l'opérateur. On plonge alors la plaque d'argent platiné (S fig. 5) dans le liquide et on la rapproche le plus possible du mercure sans qu'il ait de contact entre eux; il ne faut pas que cette plaque soit éloignée de plus de 81 millimètres du mercure, attendu qu'il en résulterait une diminution considérable dans l'énergie de la pile. On pourrait, à juste titre, donner à cette dernière le nom de pile *composée de débris*, et quoique sa construction ne soit pas aussi rationnelle que celle précédemment décrite, cependant chaque manufacturier devrait en posséder une de ce modèle pour utiliser les rognures provenant des autres piles.

J'ajouterai que cet instrument exige moins de soins dans son emploi qu'aucun de ceux que j'ai vus. Une pile composée et construite avec des rognures, n'exige qu'une vis à chacune de ses extrémités et peut être construite en plaçant le mercure et le zinc au fond d'une auge en porcelaine à plusieurs cellules. Il faut couper l'argent platiné en carrés d'une dimension convenable, en laissant à chacun d'eux une petite languette qui puisse s'unir à la cellule voisine. Une série de

petits verres à boire peut être employée dans le même but au lieu d'une auge à plusieurs cellules. La seule objection qu'on puisse faire à cette forme de batterie composée, c'est que le zinc d'une cellule se trouve épuisé quand le fil d'argent commence à peine à se dissoudre. L'emploi de cet instrument est des plus commodes, quand on ne tient pas à obtenir le maximum d'énergie; par lui, le courant galvanique peut être obtenu au plus bas prix possible. La batterie de débris est d'un emploi admirable pour la dorure et l'argenture; on peut la mettre en usage pour toutes les opérations qui exigent beaucoup de temps dans leur exécution. Pour charger cette batterie, on peut employer un tiers d'acide sulfurique concentré pour chaque mesure d'eau, attendu que l'action locale est insignifiante; mais il est plus convenable de ne pas employer une dissolution aussi forte, attendu que quand elle est presque épuisée, le sulfate de zinc recouvre le zinc et le mercure, et s'oppose à toute action ultérieure jusqu'à ce que la partie supérieure du liquide soit complètement saturée. Il faudrait découvrir le moyen d'enlever le liquide dès qu'il est saturé. Un des avantages de cet instrument, c'est que le minerai de zinc peut être employé au lieu de zinc laminé, et qu'aucune parcelle de mercure n'est perdue, puisqu'on en retrouve la même quantité après la dissolution du zinc.

53. Quand on veut employer une batterie pour la fabrication de quelque objet, il est bon, dans certains cas, de retirer le sulfate de zinc à mesure qu'il se forme, au moyen d'un tube qui le laisse écouler par le bas, tandis qu'on verse de temps en temps de nouvel acide par le haut, mais ceci n'est pas toujours nécessaire. Pour atteindre ce but, la batterie doit être construite de manière que les plaques de zinc puissent être facilement remplacées quand elles sont usées; il y a plusieurs autres formes de batterie qu'on peut adopter, comme la batterie circulaire dont le zinc se trouve en dehors.

54. Ce qui caractérise ma batterie, c'est sa simplicité et la grande quantité d'électricité qu'elle produit; en outre, elle occasionne peu d'embarras dans son emploi. Le zinc exige rarement qu'on l'amalgame de nouveau, attendu que l'amalgame dure jusqu'à ce que le métal soit complètement dissous.

Il est d'une haute importance de ne faire usage pour les batteries que du zinc le plus pur; car on diminue, par là, les chances d'action locale. Les fabricants de plaques de zinc emploient un moyen de falsification qui nuit beaucoup à la

qualité de ce métal; en effet, ils achètent le zinc de rebut qui contient fréquemment un alliage de plomb et d'étain, et ils fondent ces fragments de rebut avec le minerai de zinc. Cet alliage ne manque pas de dévoiler la fraude pendant que la batterie opère, car on voit alors s'élever à la surface du liquide un précipité spongieux et floconneux, qui n'est autre chose que de l'étain, et quand quelque légère particule de ce dernier vient à entrer en contact avec le zinc, il en résulte une petite pile locale qui engendre une grande déperdition de métal. Si même le zinc ou l'acide contient une grande proportion d'étain, il est inutile de continuer l'opération.

55. Lorsqu'on fait usage de cette batterie, il faut avoir soin qu'aucune parcelle d'un sel de cuivre, de plomb ou d'autre métal, ne se trouve mélangée, par hasard ou par accident, au fluide excitant, car l'argent platinisé serait bientôt recouvert de ce métal. En un mot, il faut éviter de présenter au liquide toute autre surface que le platine réduit à l'état de poudre fine. L'ignorance de ces faits, de la part de ceux qui employaient ma batterie, faisait que le métal négatif se recouvrait de cuivre, qui, en s'oxydant, rendait le platine inerte.

Lorsque cet accident a lieu, on y remédie en plongeant la plaque d'argent dans de l'acide sulfurique étendu, auquel on ajoute préalablement quelques gouttes de chlorure de platine; alors les métaux sont dissous et le platine se précipite. Quelques fabricants ont l'habitude de plonger ainsi l'argent dans cette dissolution une fois par semaine. Dans cette batterie, tant que le liquide excitant contient la plus petite quantité d'acide, le zinc provenant du sulfate qui se forme pendant l'action de la batterie, n'est jamais réduit sur le pôle négatif. D'autres faits curieux qui se lient à ce sujet seront traités en détail quand nous parlerons de la réduction du zinc.

56. Telle est la description des trois sortes de batteries en usage aujourd'hui. L'excellent appareil inventé par M. Daniell se fait remarquer par la constance de son action; celui de M. Grove, par sa force; quant à ma batterie, ce qui la distingue, c'est la quantité d'électricité qu'elle développe et la simplicité de sa construction. Aucun de ces appareils ne peut être considéré comme parfait, car chacun d'eux manque de quelqu'une des qualités des autres; il faut espérer qu'on parviendra à réunir dans une seule batterie tous les avantages que présente chacun de ces systèmes séparément.

Dans l'état actuel de la science, lequel des trois doit-on préférer? Cela dépend de l'usage qu'on veut en faire, et l'expérimentateur est seul juge de cette question. Quant à moi,

la batterie à éléments d'argent platiné a complètement répondu à mon attente ; cependant, elle a été trop louée par les uns et trop sévèrement critiquée par les autres. D'abord, elle a été soumise à des expériences qui ne lui étaient point applicables ; c'est ainsi qu'on a voulu apprécier son intensité, tandis que la quantité est sa qualité distinctive. Malgré ces exagérations contradictoires, son utilité a été sanctionnée par l'expérience, et le public y a eu recours avec un empressement auquel j'étais loin de m'attendre. La raison qui fait préférer ma batterie, surtout dans l'industrie, est qu'elle n'offre pas de tubes poreux ; qu'elle n'exige pas l'emploi d'acides concentrés, et qu'elle ne laisse point échapper d'émanations toxiques. Son action peut durer pendant deux, trois et même un plus grand nombre de jours, quand on a soin de la charger d'une suffisante quantité d'acide. Le zinc n'a souvent besoin d'être amalgamé qu'une seule fois ; et il faut très-peu de temps pour mettre cette batterie en action, ou pour l'y maintenir. Enfin les frais qu'elle exige sont très-minimes (1) et proportionnés à la puissance qu'on veut obtenir.

En ce qui concerne le choix d'une batterie, je dirai qu'il faudrait qu'un expérimentateur fût bien maladroit pour produire un courant galvanique sans pouvoir en faire l'application. Il s'agit donc tout simplement de savoir quelle est la batterie qui produit la plus grande somme d'électricité, avec

(1) 56. On trouvera à l'Appendice un tableau comparatif des intensités des différentes piles galvaniques. Ce tableau, dressé avec soin par M. Joule, est le résumé de nombreuses expériences qu'il a faites. Il achèvera d'éclairer le lecteur sur la construction de la pile qu'il devra préférer pour les travaux électro-métallurgiques.

En terminant ce qui a rapport aux piles galvaniques, nous ne saurions trop prémunir nos lecteurs contre les spéculations intéressées de certains marchands d'instruments de chimie. Leurs prospectus renferment l'annonce d'appareils galvanoplastiques, prétendus brévetés, et qu'ils donnent comme supérieurs à tous les autres. Ce n'est pas ainsi qu'en ont usé les Daniell, les Grové, les Jacobi, les Smee, les Lentz, les Becquerel, et tous ceux qui ont donné une si belle impulsion à l'étude des phénomènes galvaniques. Ces savants ont livré à la publicité tous les détails de la construction de leurs appareils : ils sont tous fort simples, et un amateur intelligent pourra les construire sans peine. Qu'on se tienne donc en garde contre ces appareils mystérieux annoncés avec tant de pompe, et qui n'ont sur les autres qu'un seul avantage, celui de rapporter de gros bénéfices au marchand qui les établit.

Dans la plupart des cas, et pour les expériences sur une petite échelle, les appareils à une seule cellule, dont la construction est si simple, seront suffisants. Et si l'on voulait faire des expériences plus en grand, l'appareil de M. Archereau, décrit à l'Appendice, répondra à toutes les exigences en augmentant dans de justes proportions la forme et le nombre de ces couples.

le moins de frais et de travail, et le plus de commodité. Les trois batteries dont nous venons de parler ont les analogies suivantes : elles opèrent sous l'influence de l'action du zinc sur l'eau, il y a formation d'un oxyde de zinc, lequel se combine avec l'acide sulfurique pour former un sulfate de cette base. Maintenant, comme ce sel de zinc se forme dans chaque batterie, il faudra, pour produire une quantité donnée de travail, la même quantité d'eau que celle qui sera nécessaire pour dissoudre ce sel. En conséquence, qu'on donne la préférence à la pile de Grove, de Daniell ou à la mienne, on devra faire usage d'un vaisseau d'une contenance identique; ce qui prouve qu'il est inutile de chercher à obtenir une batterie qui occupe peu d'espace quand elle doit former du sulfate de zinc. Pourtant dans la pile de Grove et dans celle de Daniell, si la texture du diaphragme est de nature à empêcher le libre passage du zinc du côté du platine ou du cuivre, alors la somme d'action dépendra de la capacité du vaisseau dans lequel le zinc est immédiatement placé ; dans ce cas, la pile de Grove et celle de Daniell exigeront un vase plus grand que la mienne.

57. Voici un état approximatif des dépenses qu'exigent ces trois batteries : 1° Dans la mienne ces frais dépendent du zinc qui est dissous par l'acide : zinc + acide + une faible action locale. Dans la batterie à effets constants de Daniell, il y a zinc + acide + sulfate de cuivre + une forte action locale. Chaque cellule de cette dernière, pour fournir un résultat donné, coûte deux fois autant que la même force obtenue à l'aide de la mienne. Dans la batterie de Grove, il y a zinc + acide + acide nitrique réduit par l'hydrogène + acide nitrique combiné avec de l'ammoniaque qui s'est formée pendant l'action de la pile + une grande perte de zinc = à trois fois celle qui a lieu dans la mienne.

58. La construction des différentes formes de piles galvaniques a été passée en revue, et les principes sur lesquels les détails de chacune d'elles sont fondés, ont été exposés en peu de mots, car il faudrait un volume pour traiter ce sujet avec toute l'étendue qu'il comporte (1).

(1) La première partie de l'Appendice est consacrée à la description d'un grand nombre d'autres piles que le lecteur pourra étudier.

CHAPITRE II.

Des propriétés des batteries galvaniques.

59. Après avoir décrit les différentes formes de piles galvaniques, nous sommes conduit tout naturellement à étudier les effets qu'elles produisent : ces derniers sont nommés *effets galvaniques*, et le principe qui leur donne naissance est appelé *galvanisme*.

Le signe qui démontre qu'une batterie est en action est le changement qui a lieu dans chacune de ses cellules. Dans celle de Daniell, on remarque un dépôt de cuivre sur le métal négatif. Dans celle de Grove, c'est un dégagement de gaz acide nitreux ; dans la mienne c'est de l'hydrogène qui se dégage. Ces différents phénomènes mesurent exactement la quantité du courant ; mais, dans les deux premières piles, aucune mesure exacte ne peut être immédiatement fournie ; dans la dernière, l'hydrogène recueilli dans l'une des cellules, à l'aide d'un ballon de verre, fait apprécier cette quantité avec exactitude.

Dans ma batterie, l'hydrogène qui se dégage de l'argent produit des bruits variés. Quand le courant est faible, c'est un doux murmure ; quand ce courant augmente, on entend un sifflement ; mais lorsque le gaz se dégage avec force, ce bruit peut être comparé à un véritable grondement : de nombreuses bulles se forment, et le liquide entre en ébullition par suite de l'énorme quantité de gaz qui se dégage. Quand je demeurais à la Banque, j'occupais une vaste chambre, et

lorsque je me livrais à l'étude qu'exigeait la rédaction des premières éditions de cet ouvrage, j'avais quelquefois jusqu'à soixante batteries en action. Par suite de l'habitude que j'avais contractée, le bruit produit par chaque batterie était devenu si familier à mon oreille, qu'au milieu de la nuit je pouvais, en entrant sans lumière dans mon appartement, reconnaître immédiatement si une batterie fonctionnait d'une manière convenable.

60. Un autre phénomène qui se montre dans l'emploi d'une pile, c'est l'élévation de température des corps conducteurs du fluide électrique, température dont le degré varie suivant l'énergie du courant qui les traverse, et suivant aussi la résistance que ces corps opposent à son passage. A l'aide de cette faculté, les métaux les plus réfractaires, tels que le platine, le palladium, l'or, le fer et l'acier, peuvent être fondus en peu d'instants. Le volume des fils métalliques fondus dépend de la quantité d'électricité qui se développe, tandis que la longueur de fil qui entre en fusion dépend de l'intensité du courant.

M. Snow Harris a tiré un parti ingénieux de cette propriété pour construire un instrument propre à mesurer le courant galvanique : il consiste en un fil métallique délié qu'on fait passer à travers un thermomètre à air d'une grande délicatesse. L'expansion de l'air fait connaître le degré de température du fil métallique. Cet instrument ne peut avoir de valeur que quand on emploie des fils d'un grand et d'un petit diamètre, dans deux expériences différentes; sans cela, on n'estimerait qu'une seule des propriétés de la pile.

Les liquides conducteurs peuvent être échauffés de la même manière. Ce fait est susceptible d'être démontré à l'aide d'un certain nombre d'expériences. Ainsi, on peut faire bouillir de l'acide sulfurique étendu, dans un tube, en faisant communiquer deux récipients, dans lesquels on place les pôles d'une vaste série de piles. Un autre moyen de constater le même fait consiste à humecter un morceau de ficelle avec un acide, et à mettre les extrémités en communication avec les pôles d'une série de piles galvaniques; on voit alors une fumée s'élever de la surface de la ficelle, et celle-ci ne tarde pas à être carbonisée sous l'influence du calorique qui se produit. Voici une autre expérience qu'on peut faire : On étire un petit tube jusqu'à ce que son extrémité devienne capillaire, on le remplit avec de l'acide sulfurique étendu, puis on le dispose dans un verre contenant le même liquide. On place ensuite l'électrode d'une forte pile galvanique dans chacun de ces vaisseaux; on voit alors des bulles (probablement de vapeur)

s'élever, jusqu'à l'ouverture capillaire du tube et y crever, en produisant de petites détonnations qui peuvent être entendues à une distance de vingt-cinq à trente mètres.

61. Une autre propriété que possède une pile, c'est celle de mettre en ignition des corps pointus en métal ou en charbon, lorsqu'ils sont en communication avec les pôles et qu'on les maintient simplement en contact ; on ne tarde pas alors à apercevoir une lumière extrêmement brillante ; c'est ce qu'on a nommé l'*étincelle*. De grandes discussions ont eu lieu parmi les savants sur le point de savoir à quelle distance l'étincelle pouvait passer. Quelques-uns ont soutenu quelle pouvait traverser une petite distance. Jacobi, cependant, pensait que cette dernière était fort petite. M. Grassiot, pour éclairer la question, fit agir cent séries des plus grandes batteries du professeur Daniell ; mais à l'aide de cet appareil, et malgré l'emploi du micromètre le plus délicat, il ne réussit point à faire passer l'étincelle à une distance appréciable, et même cette puissante batterie restait sans action si les corps étaient séparés par une distance égale à l'épaisseur d'une feuille de papier. Dans un des derniers numéros du *Magasin philosophique*, M. Crosse a fixé de nouveau l'attention sur ce point, en publiant qu'à l'aide d'une grande série de piles à eau, qui sont en sa possession, il avait réussi à obtenir l'étincelle à une petite distance. Il se proposait de porter sa batterie à mille cellules, afin d'éclairer complètement ce point.

Depuis cette époque, l'expérience a été faite avec mille cellules de la pile de Grove, appartenant à M. Grassiot ; mais l'étincelle n'a pu traverser qu'un très-faible espace. Un arc de flamme très-lumineux fut obtenu après que les pôles eurent été mis en communication, puis un peu écartés.

L'étincelle paraît dépendre particulièrement de la combustion de petites particules métalliques, et lorsqu'on emploie du charbon ou du coke, on présume que les particules de ces corps sautent d'un pôle à l'autre, en sorte que le charbon d'un pôle s'use à mesure que le charbon de l'autre pôle augmente aux dépens du premier, jusqu'à ce que la lumière ou flamme se trouve encaissée dans une masse de matière carbonisée. Cette circonstance a empêché jusqu'ici d'utiliser cette flamme brillante. Le phénomène de l'étincelle exige de l'intensité dans le courant pour se produire.

Dans ces dernières années, des expériences sur la lumière électrique ont été faites publiquement à *Trafalgar-square* et on l'a employée pour produire des effets scéniques pendant la représentation des ballets à l'Opéra de Londres. Ce-

pendant, son emploi est très-coûteux dans les circonstances ordinaires, et on ne peut y recourir que dans les cas où la dépense n'est considérée que d'une manière accessoire. Cet arc de flamme est attiré ou repoussé par un aimant placé près de lui.

62. Une autre propriété qu'offrent les batteries galvaniques, c'est la faculté qu'elles ont de charger la bouteille de Leyde, mais cette propriété, qui est de peu d'importance, exige une grande intensité dans le courant. Une longue série de batteries doit être mise en usage pour obtenir ce résultat.

63. La commotion produite par une bouteille chargée de fluide galvanique dépend de la même cause que celle que produit une bouteille chargée d'électricité. Cette commotion est une véritable contraction convulsive des muscles produite par la force de la batterie; ce singulier effet exige généralement une série pour se produire; on ne le ressent que quand on établit la communication ou qu'on la rompt. L'effet est le même avec une petite série, si l'expérimentateur présente une solution de continuité à l'un de ses doigts.

Quand on veut obtenir la commotion sur le cadavre d'un animal, il faut enfoncer une épingle dans l'épaisseur de la peau qui recouvre sa tête, et une deuxième épingle à l'une des jambes de derrière; alors, chaque fois que les pôles de la batterie seront mis en communication avec ces épingles, de fortes convulsions se manifesteront; les mêmes effets se produiront aussi toutes les fois que cette communication sera interrompue. Si l'expérimentateur applique une lame de zinc sur la lèvre supérieure et une lame de platine sous la face inférieure de sa langue, et *vice versâ*, et qu'on les mette toutes deux en communication, on apercevra des bluettes, que les paupières soient ouvertes ou fermées; on n'a donné aucune explication de ce fait singulier. Tous les phénomènes ci-dessus indiqués sont nommés effets physiologiques.

Je me suis amplement étendu sur leur importance dans mes éléments d'*Electro-Biologie*.

64. Les batteries galvaniques ont la propriété de produire certains effets qu'on nomme magnétiques et qu'on présume être le principe du magnétisme. Il serait impossible de définir le magnétisme comme on le fait pour le galvanisme et l'électricité, attendu que nous ne connaissons le premier que par ses propriétés. Il n'y a que deux métaux qu'on puisse aimanter, ce sont le fer et le nickel. L'identité du magnétisme et de l'électricité, ainsi que les autres branches de la physique, doivent de nombreuses découvertes à Faraday mais, quoique l'étude du magnétisme soit pleine d'intérêt, il

n'entre dans notre sujet d'en traiter ici que pour expliquer les effets du galvanisme.

65. Le courant voltaïque, quand il pénètre à angles droits dans un morceau de fer dont on le sépare par un corps non conducteur, y développe les propriétés connues sous le nom de magnétiques; car, si on le met en contact avec un autre fragment du même métal, celui-ci sera attiré vers le premier. La puissance magnétique se développe avec d'autant plus de force, que le courant passe plus souvent autour du fer. C'est pour cette raison qu'on entoure plusieurs fois ce métal avec un fil métallique recouvert de soie ou de coton; le but qu'on se propose à l'aide de cette disposition est de faire passer le même courant plusieurs fois à angles droits dans le métal. Quand le courant cesse, ce qu'on obtient en rompant la communication entre le fer et la batterie, en observe une différence qui dépend de la nature du fer; car, si ce dernier est du fer doux et malléable, l'aimantation cesse immédiatement; de là, le nom d'aimant *passager* ou temporaire qu'on lui impose; et si on emploie dans l'expérience de l'acier trempé, l'aimantation n'est pas si forte, mais de plus longue durée; l'aimant, dans cet état, se nomme *permanent*.

66. Un barreau d'aimant permanent, quand il est suspendu en équilibre, dirige toujours une de ses extrémités vers le pôle nord de la terre, et l'autre vers le pôle sud; mais si on fait passer un courant galvanique autour de cet aimant permanent et dans la direction de son axe, l'aiguille aimantée sera déviée à l'instant et se placera à angle droit avec sa première direction : c'est sur ce principe qu'on a construit l'instrument connu sous le nom de galvanomètre.

67. La direction que prend l'aiguille, quand elle se dévie, sera mieux comprise à l'aide de l'artifice suivant, rapporté par Daniell; il faut supposer que l'observateur lui-même remplit l'office de fil conducteur et que le courant électrique passe de sa tête à ses pieds, tandis qu'il regarde l'aimant; le pôle nord sera toujours à sa droite. Cet ingénieux artifice est applicable à toutes les positions de l'aiguille, pourvu que l'observateur soit au-dessus ou au-dessous du plan de l'aiguille.

68. Les galvanomètres sont construits d'une manière différente, selon la délicatesse des expériences auxquelles on les soumet. En général, il suffit d'employer une aiguille semblable à celle d'une boussole; un fil métallique couvert de soie ou de coton doit être enroulé autour de cette aiguille, dans la direction de son grand axe. Les deux extrémités du

fil peuvent être plongées dans des vases pleins de mercure, (P, N, fig. 6), ce qui fournit le moyen d'unir ces extrémités avec les pôles de la batterie.

69. Un galvanomètre d'une construction plus délicate peut être fait en employant deux aiguilles suspendues, de manière que le pôle nord de l'une est placé sur le pôle sud de l'autre. Les polarités sont ainsi neutralisées et ne se trouvent plus sous l'influence du magnétisme terrestre : dans cet état, on les nomme *astatiques*. On les suspend généralement par un brin de soie de la plus grande ténuité, en sorte que le plus léger courant galvanique agit sur elles. Il est bon que l'une des aiguilles ait une légère prépondérance, afin qu'une trop longue vibration ne vienne pas troubler l'opération. Un instrument comme celui-ci ne s'emploie que pour les expériences les plus délicates.

70. Il y en a une autre variété qu'on nomme *galvanomètre à torsion*, parce qu'il est fondé sur le principe de la résistance produite en tordant une substance élastique ; par ce moyen on est en état d'apprécier les différences qui ont lieu dans les faibles courants.

71. Quelque utile que soit cet instrument pour apprécier les faibles courants, les grandes quantités d'électricité sont rarement mesurées à l'aide des effets magnétiques. L'emploi bien dirigé du magnétisme est une addition importante faite à nos instruments pour apprécier les courants voltaïques. Pour mesurer la quantité d'électricité dans un courant galvanique quelconque, on doit prendre un morceau de fer doux et le courber en lui donnant la forme d'un fer-à-cheval. Un fil de cuivre d'une grosseur convenable, couvert de soie ou de coton, doit être enroulé autour de ce fer, les deux extrémités sont laissées libres afin d'être mises en communication avec la batterie. Un morceau de fer doux, auquel on fixe un crochet, sert à soutenir un poids quelconque, et c'est le chiffre de ce poids qui indique la force du courant.

Cet instrument n'a de valeur que pour les expériences comparatives, attendu que des résultats divers sont toujours obtenus avec des aimants différents, la qualité du fer employé exerçant une influence matérielle sur les résultats des expériences. Mais si on emploie le même aimant, si le diamètre du fil est suffisant, et si sa longueur est modérée, la résistance offerte au courant sera à peine appréciable, et la quantité relative d'électricité dégagée, indépendamment de son intensité, peut être rigoureusement déterminée.

72. Les aimants *passagers* sont trop fréquemment construits avec un fil trop délié, et d'une longueur considérable.

Dans ce cas la somme de magnétisme indiquée par le courant, cesse d'être une mesure exacte de la quantité d'électricité qui passe, parce qu'il faut qu'il y ait de l'intensité pour vaincre la résistance apportée par les fils au passage du courant. C'est pour cette raison que les instruments électro-magnétiques qui présentent plusieurs aimants, et des fils d'un petit diamètre, exigent l'emploi de plusieurs cellules pour faciliter le passage du courant.

73. Ce n'est pas encore ici le lieu de donner une estimation comparative de la quantité d'électricité qui se forme, et de celle qui peut être obtenue par la décomposition chimique; mais comme l'aimant n'exige que fort peu d'intensité, et que celle-ci dépend du volume de fils, il est probable qu'une cellule de l'une des batteries précédemment décrites suffira pour faire l'expérience. Si cependant la décomposition de l'eau est faite comme expérience, on doit employer un nombre suffisant de cellules pour vaincre la résistance qu'éprouve le courant; mais aussi, de cette manière, si on opère plusieurs combinaisons dans un but expérimental, on aura beaucoup de peine à y parvenir.

74. Si les différents phénomènes décrits jusqu'ici sont aussi pleins d'intérêt que l'obscurité, combien n'en est-il pas ainsi relativement à la propriété que possède la pile pour décomposer différents corps et vaincre les affinités les plus puissantes en vertu desquelles ces corps sont combinés. Ce sont surtout les travaux de H. Davy et de Faraday qui ont éclairé ce sujet, quoique Daniell et plusieurs autres les aient suivis dans ce vaste champ.

75. La cellule à décomposition doit être assimilée à la cellule d'une batterie, sauf la différence de métaux et de la dissolution, suivant les expériences qu'on se propose de faire. Anciennement le volume des plaques plongées dans cette cellule était considéré comme peu important, de simples fils étaient employés; mais aujourd'hui on fait des plaques plus grandes. C'est surtout M. Grove qui a insisté sur cette particularité, et on doit s'y conformer scrupuleusement.

Tout le cours de cet ouvrage fourmille de faits qui prouvent l'importance de la grandeur des plaques, pôles ou électrodes dans la cellule à décomposition; car il n'existe pas une seule opération électro-métallurgique qui ne puisse subir une influence matérielle, suivant qu'on varie la grandeur des deux pôles, et qu'on diminue ou renverse leur surface relative. Dans quelque cas, sans doute, où il y a une résistance considérable, produite par le dégagement de l'oxygène au pôle positif, cet effet reste inaperçu. Mais pourtant dans un

is où ce pôle n'était formé que par un fil métallique très- n, j'ai vu la pile en état d'émettre 812 millimètres cubes e gaz dans l'espace de cinq minutes, tandis qu'elle était à eine capable d'émettre 27 millimètres cubes de ce gaz pendant le même laps de temps, quand la surface des plaques ait diminuée. Quand on se sert d'un métal pouvant se ombiner avec l'oxygène, comme le cuivre ou l'argent, la randeur des pôles produit des changements importants, rs même qu'on emploie de grandes plaques. Nous verrons lus loin que dans la réduction de chaque métal, on doit non- eulement se souvenir de ces faits, mais y avoir égard, si on eut réussir dans ses opérations.

76. Il y a plusieurs formes de cellules à décomposition dont emploi peut être utilisé suivant le but qu'on se propose. a plus simple est le tube en forme de V, qui n'est autre hose qu'un tube en verre recourbé de manière à représenter i lettre V, une petite lame de platine est placée dans chaque ranche du tube, avec la dissolution; l'une de ces branches st mise en communication avec le pôle négatif de la pile, et autre branche avec le pôle positif (*Voyez* fig. 7).

77. Une autre forme de cellule à décomposition a été imaginée par M. Faraday; elle est propre à donner la nature de i quantité de gaz qui se dégage quand l'eau se décompose: lui a donné le nom de *voltamètre*, comme servant à indiuer la quantité d'électricité produite. Il y en a plusieurs ariétés, qui diffèrent suivant la quantité de gaz qu'on veut iesurer. Si on ne veut en mesurer qu'une petite quantité, on xe deux morceaux de platine à environ 7 millimètres l'un e l'autre, et un tube, gradé en centimètres cubes est placé ur ces fragments (fig. 8), afin de recueillir les gaz : queluefois on se sert de deux tubes; on place chacun d'eux sur haque pôle, afin de recueillir séparément les gaz qui se dégagent. Dans d'autres cas, quand on veut mesurer de grandes uantités de gaz, on emploie un tube recourbé qui se rend u haut de l'appareil dans un ballon gradué qu'on place sur ne cuve pneumatique (fig. 9).

Lorsqu'on veut mesurer exactement la quantité du gaz ou es gaz qui se dégagent, il faut examiner ces derniers en 'aidant des lumières fournies par l'hygrométrie, la thermoiétrie et la barométrie; mais ces précautions minutieuses e sont nécessaires que pour les expérienees les plus déliates. Cet instrument doit être plus compliqué lorsque l'expérimentateur désire connaître les changements qui surviennent dans la dissolution; car alors on se sert de tubes poreux n terre, en membrane de vessie, etc., pour séparer les pôles,

et empêcher la dissolution de passer librement d'un côté à l'autre.

Les substances qui exigent l'action de la chaleur pour être amenées à un état propre à favoriser leur décomposition, se mettent en général dans un tube contenant deux fils de platine qui servent de pôles, quand on les met en communication avec la batterie.

Une forme très-ingénieuse d'appareil à décomposition consiste en un vaisseau muni d'un diaphragme (fig. 10), ou en un gobelet en verre (fig. 11, T) coupé verticalement en deux, les bords de la section sont adoucis par la meule. Entre ces deux moitiés latérales, on peut placer un diaphragme quelconque D ; un cercle métallique B entoure ces deux segments et les maintient avec force.

78. Quand j'ai décrit les appareils dont on se sert habituellement pour opérer les décompositions, j'ai dit que tous, en général, présentent deux fragments de platine séparés l'un de l'autre, mais pouvant être réunis à chaque pôle de la pile. Ces morceaux de platine ont reçu l'incompréhensible dénomination de pôles ; l'un d'eux peut être considéré comme tenant lieu de métal négatif, et se nomme pôle négatif, l'autre est appelé pôle positif.

79. Cependant M. Faraday, n'approuvant pas le nom de pôles, a substitué le nom de *cathode* à celui de pôle électro-négatif ; de son côté, M. Daniell, peu satisfait de cette nouvelle dénomination, l'a remplacée par celle de *platinode*. Ces trois dénominations, *pôle électro-négatif*, *cathode* et *platinode*, sont donc synonymes et s'appliquent au métal sur lequel aucune action n'aurait eu lieu s'il avait été mis dans une batterie ordinaire. Le pôle opposé remplit les mêmes fonctions dans la décomposition, que le zinc dans une pile ordinaire, et porte le nom d'*électro-positif*, *anode* ou *zincode* de la batterie.

Le docteur Faraday considère les pôles comme des passages ou des portes par lesquelles l'électricité entre ou sort de la dissolution qu'on soumet à la décomposition : c'est pour cette raison qu'il les a nommés *électrodes*. Les corps bons conducteurs sont les plus propres à servir de pôles, et c'est pour cela qu'on donne la préférence aux métaux ; mais l'eau et l'air ont été également employés comme pôles.

80. Le métal employé dans la construction d'un voltamètre de Faraday ne doit éprouver aucune modification, soit de la part de la dissolution dans laquelle il est placé, soit de la part des corps qui peuvent se montrer à sa surface. Sous ce rapport le platine est préférable à toute autre substance, car

tous les autres métaux sont susceptibles de s'oxyder et même de se dissoudre.

81. Une grande confusion est résultée de ce qu'au lieu de considérer la cellule à décomposition comme identique à la cellule d'une batterie, on a rapporté les effets qu'elle produit à l'élément de la batterie avec lequel communique le pôle. Le fait est que, lorsque les plaques extrêmes sont réunies par un fil, le circuit est complet, et le platine de la batterie est le platinode du pôle électro-négatif ou cathode de cette dernière.

Quand le circuit est complété par un liquide qu'on soumet à la décomposition, l'effet ne saurait être attribué aux plaques terminales de la batterie, mais bien à celles de la cellule à décomposition avec lesquelles elles alternent; en sorte que le zinc terminal de la batterie étant mis en communication avec le platine de la cellule à décomposition, on doit l'appeler platinode de la batterie. Le contraire de ceci s'applique au platine terminal de la batterie; car, puisque le platine qui communique avec la cellule à décomposition tient la place du zinc dans les autres cellules (le platine étant substitué au zinc pour produire le dégagement de l'oxygène et pour empêcher sa combinaison), la dénomination doit être empruntée au platine de la cellule à décomposition, lequel tient la place du zinc, et non pas à la plaque terminale de la batterie; il faut donc l'appeler zincode, ou anode de la batterie. On a donné une explication différente de ce changement dans les pôles, quand le circuit est complété par une dissolution qu'on soumet à la décomposition, au lieu de l'être par des fils métalliques; on a supposé que les deux plaques extrêmes, dans une batterie composée, ne remplissaient d'autre office que celui des conducteurs du courant; mais cette opinion ne peut soutenir la discussion.

82. Nous avons vu que la cellule à décomposition n'est autre chose qu'une cellule de batterie, qu'on modifie suivant les différents genres d'expériences; il s'ensuit nécessairement que dans toute cellule il y a une égale somme d'action chimique.

On peut évaluer de plusieurs manières, par l'action chimique, dans n'importe quelle autre cellule, la quantité d'électricité qui se forme, en s'assurant, par exemple, de la quantité de métal réduite au pôle négatif, ou de la quantité de métal dissoute au pôle positif; car toutes les fois que l'expérience sera faite, elle indiquera exactement l'action qui se produit. Ces découvertes importantes sont dues à Faraday: elles nous ont peut-être fourni plus de lumières sur les pro-

priétés du fluide galvanique qu'aucune des autres recherches faites sur cette matière.

83. Quant à l'importance de l'appareil à décomposition ou du voltamètre, nous devons faire une remarque : tant qu'il s'agit d'évaluer la somme d'action chimique qui a lieu, le voltamètre présente une grande utilité; mais si l'on veut comparer soit la somme d'électricité qui peut être produite par les combinaisons de plusieurs métaux, soit les effets produits par la différence dans les dispositions de l'appareil, soit enfin la résistance que plusieurs corps offrent au passage du courant, on doit alors se souvenir que si on emploie deux pôles de platine, une forte résistance se présente au passage du courant, ce dont il faut tenir compte si l'on veut obtenir des résultats exacts. Pour avoir négligé ces particularités, plusieurs chimistes distingués ont commis des erreurs notables, et on n'a pas tenu compte de faits qui, sans cela, auraient été remarqués.

En somme, le voltamètre indique avec exactitude la quantité d'électricité qui passe, dans un temps donné, dans un courant galvanique, mais il n'indique pas quelle est la quantité qui pourrait y passer.

84. Un voltamètre bien supérieur aux précédents pourrait être construit en employant une des cellules de la batterie en argent platiné, et en recueillant les gaz qui se dégagent du métal négatif. Cet appareil offre peu de résistance au passage de l'électricité et donne aussi des résultats plus exacts. Mais il offre l'inconvénient d'engendrer lui-même de l'électricité, et de contribuer ainsi à augmenter la quantité de ce fluide. Dans la pratique, il est extrêmement difficile de comparer exactement l'énergie de deux batteries ou de deux combinaisons quelconques. Car il y a une telle somme de résistances dans le courant galvanique (et celles-ci varient dans chaque batterie), que c'est un problème mathématique très-difficile à résoudre, que d'apprécier la puissance relative des batteries. Ma pile voltamétrique est construite de la manière suivante : On prend une cloche en verre au sommet de laquelle est fixé un tube recourbé, par lequel le gaz qui se dégage se rend dans une cuve pneumatique A (fig. 12). On place dans la cloche un morceau d'argent platiné, qu'on fait communiquer par le moyen d'un fragment de fil d'argent qui parcourt la cloche, qu'on fait, dis-je, communiquer avec une vis placée en dehors de la cloche. L'appareil ainsi disposé est introduit dans un autre vaisseau de verre rempli d'acide sulfurique étendu, au fond duquel se trouvent du mercure et des rognures de zinc. Un fil d'argent se rend de

ce dernièr récipient à une autre vis pour compléter la communication quand l'appareil devra fonctionner. Cet instrument est extrêmement utile pour mesurer le travail exécuté par une seule batterie, car c'est tout à la fois un voltamètre et une vraie batterie. Quand il s'agit de faire une expérience avec une grande exactitude, on peut modifier un peu cet appareil, de manière, par exemple, que l'hydrogène qui se dégage par suite d'une action insignifiante sur le zinc, ne soit pas recueilli et ajouté à celui que produit la décomposition galvanique. Dans ce cas, il faut placer le zinc à l'extérieur du récipient intérieur.

85. Quand j'ai dit que l'action est semblable dans chaque cellule, je ne veux pas insinuer que le même poids de métal ou de sel est décomposé dans chaque cellule, mais seulement que l'équivalent d'une substance quelconque est décomposé dans chaque cellule. Par exemple, si 59 milligrammes d'hydrogène se forment dans la première cellule, 212 centigrammes de chlore se formeraient dans la deuxième, 51 décigrammes de platine dans une troisième, et 107 décigrammes d'or dans une quatrième cellule, parce que ces chiffres sont les équivalents chimiques de chacune de ces différentes substances.

86. Le terme *équivalent chimique* semblerait indiquer qu'il ne s'applique pas à quelque chose de bien intelligible; malheureusement, ce n'est que trop vrai, et cette doctrine est fort difficile à comprendre pour les commençants. Cependant tout ce mystère s'éclaircit par l'hypothèse suivante : Imaginons, en effet, que tout corps élémentaire est susceptible d'être divisé en atomes, et que les atomes de ces corps sont de volume et de poids différents; il est évident, dans ce cas, que si nous groupons ces atomes ensemble pour en former un corps composé, il faudra se servir de différents poids; ainsi, si on combine de l'or avec de l'hydrogène, 107 décigrammes du premier ne prendront que 59 milligrammes du second ; et cependant il n'y aura qu'un atome de chacun d'eux; ou bien, si 59 milligrammes d'hydrogène se dégagent dans la batterie, 107 décigrammes d'or seront déposés dans la cellule à décomposition.

87. On trouvera ci-après une table des équivalents chimiques des substances dont j'aurai à traiter dans cet ouvrage : on peut les considérer comme les poids des atomes primitifs; ainsi, si on est en état d'établir le poids du zinc dissous, de l'hydrogène dégagé et du métal réduit, on pourra établir, dans tout autre cas, combien, en poids ou en volume, une substance quelconque serait précipitée dans des circonstances analogues.

	Equivalents en poids.
Hydrogène.	1
Oxygène.	8
Chlore.	36
Potassium.	40
Soufre.	16
Zinc.	32
Plomb.	104
Etain.	58
Fer.	28
Cuivre.	32
Or.	200
Platine.	96
Palladium.	54
Argent.	110
Nickel.	28
Chlorure de platine.	132
Chlorure d'or.	308
Sulfate de cuivre.	125
Nitrate de cuivre anhydre.	94
Sulfate de zinc.	143
Sulfate de fer.	139
Nitrate d'argent.	170
Acide sulfurique.	40
Acide nitrique.	54
Acide hydrochlorique.	37
Ammoniaque.	17

Comme 1 décimètre 983 centimètres 637 millimètres cubes l'hydrogène pèsent 124 milligrammes, il s'ensuit que pour chaque 932 centimètres 310 millimètres cubes de gaz hydrogène dégagé de ma batterie, il y aurait de réduit 1 gram. 737 milligrammes de cuivre, 5 grammes 108 milligrammes de platine, et 10 grammes 797 milligrammes d'or; et l'équivalent de toute autre substance ferait connaître, en grammes et fractions de gramme, la quantité précipitée.

Je ferai fréquemment usage du terme *équivalent de puissance galvanique*. J'entends par ce mot la somme d'énergie nécessaire à une pile pour produire le dégagement de 59 milligrammes d'hydrogène, et la précipitation de 10 grammes 797 milligrammes d'or, etc., etc. En conséquence, toutes les fois que j'emploierai cette expression, les 50 milligrammes seront pris comme étalon, et il sera entendu que 1m.30 cubes d'hydrogène se dégagent de la batterie.

88. Après avoir fait connaître les différentes variétés d'appareils à décomposition, je vais exposer les lois qui découlent

de leur emploi. Ces lois ont été l'objet de recherches de la part de Faraday. Tous les corps doivent se trouver dans un état particulier pour subir la décomposition, car on ne peut exercer aucune action sur un corps solide, tant qu'il reste dans cet état; mais lorsque ces sortes de corps ont été soumis à l'action du calorique; ils cèdent facilement leurs éléments : par exemple, le chlorure d'argent mêlé à de l'acide sulfurique étendu peut être décomposé par une seule cellule de zinc et de platine, quoique aucune puissance voltaïque ne puisse décomposer ce corps quand il est à l'état solide. Il y a pourtant des exceptions apparentes à cette loi, comme la décomposition du sulfate de chaux ou de la baryte mêlées à l'eau. Cependant le premier de ces corps est assez soluble : on ne peut pas en dire autant du second, quoique probablement il y en ait une petite quantité de dissoute et qui se décompose; de cette manière, le liquide n'étant plus saturé, en dissout encore, ce qui se répète jusqu'à ce que le tout soit dans un état complet de dissolution.

89. Aucun fluide ne peut être décomposé, à moins qu'il ne soit bon conducteur: ainsi, l'eau pure, qui est un mauvais conducteur, n'abandonne pas ses éléments; tandis que si on y ajoute des acides ou des alcalis, elle se décompose facilement en devenant conductrice. On peut aussi rendre l'eau bon conducteur en y mêlant des sels neutres.

Règle générale, les liquides se décomposent dès qu'ils livrent passage au fluide électrique; c'est pour cette raison qu'aussitôt que l'eau est devenue bon conducteur, elle est décomposée, et ne conduit pas plus d'électricité qu'il n'en faut pour que sa décomposition s'opère.

90. Cependant, quelques liquides, bons conducteurs, peuvent livrer passage à un courant de moindre intensité que celui que nécessite leur décomposition; et, par conséquent, ces deux lois développées par Faraday ne sont pas exactement réciproques. Des exemples d'exception à cette deuxième loi se trouvent dans le chlorure de plomb et dans le nitrate de potasse fondu, qui conduisent de faibles courants sans se décomposer.

91. Une certaine intensité est nécessaire pour opérer toutes les décompositions; cette intensité varie avec les différents corps, suivant la résistance qu'ils opposent au passage du fluide galvanique. Ainsi, une dissolution d'iodure de potassium, ou de chlorure d'argent fondu, cède à l'action d'une seule batterie, tandis que l'acide sulfurique étendu et d'autres corps exigent plus d'intensité pour produire le même effet. Voici, d'après Faraday, une courte liste des substances

placées par ordre, suivant qu'elles ont plus ou moins de facilité à abandonner leurs éléments :

Iodure de potassium (en dissolution).
Chlorure d'argent (dissous).
Protochlorure d'étain (id.).
Chlorure de plomb (id.).
Iodure de plomb (id.).
Acide hydrochlorique (id.).
Eau (acidulée par l'acide sulfurique).

92. Quelques corps se décomposent immédiatement dès que le fluide voltaïque se dégage : telle est l'eau qui se sépare en ses éléments, l'oxygène et l'hydrogène, sous la seule influence de l'action *électrique* des courants. C'est là ce que M. Faraday a nommé *électrolysie*, parce que les éléments du corps semblent en quelque sorte arrachés directement de leurs combinaisons par la force voltaïque; l'électrolysie, est ainsi appelée pour la distinguer d'une autre importante propriété qui sera indiquée plus loin. Il a nommé *ions* les éléments qui sont désunis, et qui se portent, l'un vers le pôle électro-positif (anode ou zincode), tandis que l'autre se porte au pôle électro-négatif (cathode, platinode ou hydrogode) de la batterie; ceux qui se rendent au premier pôle se nomment *anions*, et ceux qui vont au deuxième pôle, *cathions*.

93. Les pôles ou électrodes n'exercent aucune attraction sur les corps élémentaires tant qu'ils sont à l'état simple, et il faut qu'ils soient à l'état de combinaison pour que le fluide voltaïque exerce son action sur eux. C'est pour cette raison qu'une dissolution simple de chlore, de brôme, etc., n'abandonne ces substances ni à l'un ni à l'autre pôle.

94. Les corps susceptibles d'être décomposés doivent contenir un équivalent de chaque élément, c'est-à-dire doivent être composés d'un des atomes dont nous avons parlé N° 87. Une seule exception à cette loi se trouve dans le périodure de mercure, composé néanmoins si peu stable, que la plus légère exposition à la lumière provoque sa décomposition. Les acides *sulfurique* et *phosphorique* ne sont pas eux-mêmes électrolytes, c'est-à-dire qu'ils ne cèdent pas directement leurs élements sous l'influence de l'action voltaïque, parce qu'ils sont formés d'un atome de phosphore ou de soufre pour trois atomes d'oxygène.

95. Il n'est pas nécessaire qu'une substance soit directement composée d'éléments pour être en état de passer aux électrodes ou pôles. En d'autres termes, les corps, composés

de substances composées elles-mêmes, sont des *ions* aussi bien que ceux qui sont composés de substances simples. Ainsi, les acides sulfurique, phosphorique, arsénique et quelques autres, sont des *ions* par rapport au pôle électro-positif ou anode, tandis que presque tous les protoxydes, l'ammoniure, la potasse et plusieurs autres corps, sont des *ions* par rapport à l'autre pôle. Voici une liste des ions simples et composés, dressée par Faraday :

Anions.	*Cathions.*
Oxygène,	Hydrogène,
Chlore,	Tous les métaux.
Iode,	Oxydes métalliques.
Brôme,	Les terres,
Fluor,	Les alcalis,
Cyanogène,	Les alcalis végétaux, tels que la morphine, etc., etc.
Soufre,	
Sélénium,	
Sulfocyanogène,	
Acides.	

96. La même substance, dans des circonstances différentes, se portera successivement vers un pôle différent, attendu que, dans certains cas, elle jouera le rôle de base, et dans d'autres, celui d'acide. Un exemple vulgaire peut être puisé dans l'oxyde de cuivre, lequel, quand il est combiné avec les acides sulfurique, nitrique, hydrochlorique, ou tout autre acide, se rend au pôle négatif ou cathode, tandis que, combiné à l'ammoniaque, il joue le rôle d'un acide et se rend à l'anode ou pôle positif.

97. Les savants ne s'accordent point sur la question de savoir pourquoi les métaux se réduisent, lorsque les dissolutions de leurs sels sont soumises à l'action du courant galvanique; le problème n'a point été résolu depuis l'époque où l'électricité est venue prêter son puissant concours à la chimie. Quelques-uns ont admis que l'hydrogène qui se dégage pendant la décomposition de l'eau était la cause de cette réduction; d'autres ont pensé que les pôles attirent directement les métaux à leur surface, et dernièrement on a imprimé, dans les *Transactions de la Société royale*, un mémoire où on expose une nouvelle constitution des sels; l'acide et l'oxygène étant supposés (d'après l'électrolysie) se rendre dans une direction, et le métal dans l'autre. La première de ces opinions fut exprimée par Hisinger et Berzelius, et se trouve dans les *Annales de Chimie*, tome 51, page 174. Nous en extrayons le passage suivant : « Il résulte de tous ces faits

» que l'on a une idée fausse de la réduction opérée par l'é-
» lectricité, lorsqu'on l'attribue au dégagement de l'hydro-
» gène ; comment alors expliquerait-on la réduction du fer
» et du zinc, qui ont la propriété de décomposer l'eau sans
» électricité ? »

Une semblable opinion a été mise par Faraday dans les transactions philosophiques. Il a même donné à cette espèce d'action le nom d'action électro-chimique. La deuxième hypothèse appartient à Humphry-Davy, qui, dans les Transactions philosophiques, année 1807, s'exprime ainsi : « L'hydro-
» gène, les substances alcalines, les métaux et certains oxydes
» métalliques sont attirés par les surfaces métalliques élec-
» trisées négativement, et repoussées par celles qui sont
» électrisées positivement ; et, au contraire, l'oxygène et les
» corps acides, sont attirés par les surfaces métalliques élec-
» trisées positivement et ces forces d'attraction et de répul-
» sion sont suffisamment énergiques pour suspendre et même
» détruire les phénomènes ordinaires de l'affinité chimique. »

Si on trouve un corps à l'un des pôles de la batterie, on n'est nullement certain qu'il y est arrivé par la décomposition directe, opérée par le courant voltaïque, attendu que, si le composé dont il faisait partie est dissous dans l'eau, les éléments de cette dernière, étant mis en liberté, jouent souvent un rôle important dans la formation de nouvelles combinaisons qui résultent ainsi d'effets secondaires. Ainsi, par exemple, la dissolution aqueuse d'un sel métallique, tel que celui du cuivre, étant soumise à l'action d'un courant voltaïque, l'hydrogène se porte au cathode, et l'oxygène à l'anode ; mais, pendant que ce changement a lieu, l'oxyde de cuivre passe au cathode ; et l'acide sulfurique à l'anode, l'hydrogène s'empare de l'oxygène de l'oxyde de cuivre, et forme de l'eau, tandis que le cuivre se précipite à l'état métallique sur l'électrode, non pas par suite d'une action directe du fluide voltaïque, mais par suite d'un effet secondaire, qui doit être attribué à l'hydrogène. Quelquefois ces éléments se combinent avec les pôles ou électrodes, de manière à former de nouvelles combinaisons ; par exemple, si les pôles sont de nature à s'oxyder facilement, l'oxygène formera un oxyde, et de même si toute autre substance est mise en contact avec les gaz pour lesquels elle a beaucoup d'affinité, une combinaison semblable aura lieu ; de là une série de résultats beaucoup plus nombreux que les effets électrolytiques, et qu'on a nommés décompositions secondaires ou électro-chimiques ; quelquefois ces résultats secondaires sont plus compliqués, mais pas plus cependant, que l'effet extraordinaire

que nous avons dit être produit par l'oxygène sur le ferrocyanure jaune de potasse, attendu que ce gaz en se combinant avec une partie du potassium du ferro-cyanure, donne naissance à un sel tout nouveau.

98. Les effets secondaires de l'oxygène et de l'hydrogène ont été démontrés par des expériences nombreuses et bien faites; mais on n'a pas encore pu parvenir à prouver que l'hydrogène, provenant de la décomposition de l'eau, réduisît les métaux à l'aide du courant voltaïque. Cependant, en faisant des expériences sur les corps simples non métalliques, on observa que le coke poreux et le charbon retenaient une portion d'hydrogène, quand ces substances formaient le pôle positif ou négatif de la batterie. On observa aussi que, quand on les plongeait dans une dissolution de sulfate de cuivre, elles se revêtaient immédiatemment d'une couche de ce métal, ajoutant ainsi un fait positif aux données de la théorie.

Le coke chargé d'hydrogène conserve cette curieuse faculté pendant plusieurs jours. Cette expérience intéressante a été faite par M. Grove à l'aide de sa pile à gaz.

99. Le professeur Daniell, dans une note lue récemment à la Société royale a donné une théorie entièrement neuve touchant la manière dont les sels métalliques sont quelquefois décomposés. Le professeur a reconnu que si on met une dissolution d'un sel métallique dans un vase, sur lequel on fixe une membrane de vessie, et que si ce vase est mis dans un autre contenant une dissolution de soude ou de potasse caustique, de telle sorte que la membrane puisse former une espèce de diaphrame séparant les deux dissolutions l'une de l'autre, et que si ensuite on place les pôles d'une batterie galvanique composée, dans les deux dissolutions, savoir: le pôle positif dans la dissolution métallique, et le pôle négatif dans la dissolution alcaline, le métal de la dissolution métallique se dépose sur le diaphragme membraneux. Cette expérience est facile à répéter avec plusieurs dissolutions, spécialement celles d'argent, de mercure et de cuivre; le même phénomène ne paraît pas avoir lieu quand on se sert des dissolutions d'or et de platine. Si on emploie des acides ou des sels neutres, au lieu de dissolutions alcalines, le métal ne se dépose pas sur la membrane, pour ma part je ne l'ai jamais observé. Quand on se sert de dissolutions alcalines, et que le métal se précipite, la membrane laisse dégager des gaz. Dans un cas semblable on peut se demander si la membrane qui sépare les deux dissolutions ne devient pas polaire et semblable aux fils métalliques interposés. Le professeur Daniell

suppose que dans cette expérience, l'oxygène et l'acide passent d'un côté et le métal de l'autre. D'après ces considérations, il a développé une nouvelle théorie de la composition des sels : ainsi le sulfate de cuivre au lieu d'être formé d'acide sulfurique + oxyde de cuivre, est supposé formé d'acide sulfurique + oxygène + cuivre. Les deux premiers éléments, en les considérant comme étant en état de combinaison, sont nommés oxysulfions, et le sel oxysulfion de cuivre : de même le radical des nitrates est nommé oxynitron ; celui des carbonates, oxycarbon ; celui des oxalates, oxalion, celui des sulfates, sulfion, etc.

Un autre fait important est contenu dans cette note, c'est la propriété que possède le courant électrique de décomposer deux substances dans la même dissolution ; ainsi, une eau acidulée et un sel métallique peuvent être décomposés en même temps, le courant se divisant entre eux.

130. Nous avons vu jusqu'ici que les corps peuvent être décomposés de deux manières : 1° soit en cédant directement leurs éléments au courant voltaïque quand le composé est formé d'équivalents uniques, ce qu'on nomme électrolysie ; 2° soit par une action secondaire provenant des changements qui arrivent souvent comme résultats d'une nouvelle décomposition, ou combinaison des éléments de la première substance décomposée, avec d'autres substances qui se trouvent dans leur sphère. Cette action secondaire a reçu de Faraday le nom de décomposition électro-chimique.

Le liquide placé entre les électrodes n'éprouve, en apparence, aucun changement pendant que la décomposition s'opère, c'est-à-dire, que les effets de la décomposition ne se montrent qu'aux pôles ; ainsi si le sulfate de cuivre est décomposé, l'acide sulfurique se rend d'un côté, et l'oxyde de cuivre d'un autre, et cependant on ne trouvera ni oxyde, ni acide dans les parties intermédiaires de la dissolution. Ces expériences réussissent mieux quand on se sert d'un vaisseau plat et allongé, séparé, par deux diaphragmes poreux, en trois compartiments, dont les plus extérieurs (ceux qui sont aux extrémités) reçoivent les électrodes.

101. La température dans laquelle il faut maintenir la dissolution qu'on soumet à la décomposition, influe sur son pouvoir conducteur. Un liquide, bon conducteur à la température ordinaire, permettra difficilement le passage du fluide galvanique, quand sa température deviendra à —0°, tandis qu'à celle de l'eau bouillante, le passage sera des plus faciles ; il est donc important d'élever la température des disso-

lutions quand on veut opérer une vaste décomposition en peu de temps et à peu de frais.

102. Le fluide galvanique, lorsqu'il peut choisir son passage à travers différents corps conducteurs, préfère toujours celui qui lui offre le moins de résistance. Ainsi, lorsqu'une pile à grandes séries est mise en communication avec un appareil à décomposition, et qu'elle est capable d'émettre 50 à 60 centimètres cubes de gaz en 5 minutes, si un fil de platine très-fin est mis en travers des pôles, toute l'énergie de la pile s'exercera sur ce fil, jusqu'à ce qu'il soit fondu, ce qui ne tarde pas à avoir lieu. On observe dans quelques cas, dans le courant voltaïque, un phénomène curieux. Si par exemple un fil ou une série de fils de cuivre, se trouve suspendu dans un liquide soumis à la décomposition, que ce soit dans une cellule de batterie ou dans l'appareil à décomposition, on reconnaîtra qu'une partie de chaque fil deviendra positive et sera dissoute, tandis que l'autre partie deviendra négative et pourra réduire n'importe quel sel métallique. Ce phénomène se manifestera d'une manière différente dans chacun des fils. Si on interpose un fil de platine dans le courant, la résistance qu'oppose le dégagement de l'hydrogène est si grande, que la polarité du fil métallique ne peut être aperçue que dans certaines circonstances; cependant, m'étant assuré que le platine pouvait être doué de polarité, je me mis à l'œuvre avec la ferme détermination de l'obtenir. J'essayai de larges plaques de platine plongées dans une dissolution de sulfate de cuivre, entre deux électrodes en cuivre, que je fis communiquer avec une puissante batterie, mais j'échouai dans mes tentatives ; cependant ne me tenant pas pour battu, je renouvelai l'expérience d'une autre manière : Je fixai un fragment d'un fil de platine très-fin, dans un petit tube, une partie de ce fil était contenue dans le tube et l'autre au dehors; je pratiquai ensuite au tube une petite ouverture d'un diamètre suffisant pour permettre à de l'eau de s'en écouler facilement. Le tube fut rempli d'acide étendu, et mis dans un verre plein du même liquide, alors le pôle d'une série de batteries (au moins 8 cellules) fut introduit dans le tube, en évitant que ce pôle ne fût mis en contact avec le fil assujetti au tube : l'autre pôle de la pile fut introduit dans le verre contenant de l'acide étendu, à l'instant on put voir un gaz se dégager des deux pôles et du fil de platine. Il restait à savoir s'il se dégageait du fil de platine intermédiaire, ou si le gaz était fourni par le courant d'induction ou par les pôles eux-mêmes. Pour éclaircir cette question, j'agis d'après les mêmes principes qui dirigent les opérations

électro-métallurgiques, car par l'addition d'une petite quantité de sulfate de cuivre à l'acide, le pôle réuni au zinc de la pile se couvrit d'une couche de cuivre spongieux, tandis que le fil de platine intermédiaire, qui était devenu négatif, se revêtit d'une couche de cuivre pur et brillant. Le reste du fil de platine qui était devenu positif laissa dégager de l'hydrogène.

Il serait intéressant de savoir si les corps non-conducteurs pourraient être rendus polaires par le même moyen; j'ai plusieurs fois varié dans mes opinions, et je suis encore dans l'incertitude à cet égard; mais la plus petite portion d'un corps conducteur solide, comme la moindre parcelle de charbon ou de plombagine deviendra instantanément polaire et laissera dégager du gaz. Ce fait est intéressant en ce qu'il explique l'action qui a lieu sur un morceau de cuivre qu'on immerge dans une batterie galvanique, ou dans une dissolution métallique en voie de décomposition :

Ces expériences ont acquis une nouvelle importance en me permettant de déterminer le trajet des courants voltaïques dans le corps humain, qui, depuis, ont été traités en détail dans le *Manuel de l'Électricité médicale*, ou *Éléments d'Électro-Biologie*.

La conséquence qu'on peut tirer de ces expériences, c'est que les courants voltaïques traversent les liquides. L'appareil suivant démontre cette vérité.

La figure 13 consiste en deux tubes de gutta-percha, contenant de l'acide sulfurique étendu, et deux séries de plaques de zinc (Z), et d'argent platiné (A). Si on introduit deux fils de cuivre dans un des tubes, la présence du courant deviendra appréciable à l'aide d'un galvanomètre.

103. C'est peut-être ici le lieu de développer ma propre théorie sur le courant voltaïque. Je ne la crois point infaillible, et je ne la donne que comme le sommaire des résultats que j'ai obtenus pendant que je me suis livré aux expériences nécessaires à la rédaction de cet ouvrage. Cependant, je prie le lecteur de l'admettre comme vraie, seulement pendant qu'il étudiera les expériences détaillées plus loin; mais dès qu'il s'en sera servi pour s'aider dans l'étude des faits, je l'invite à la laisser de côté, et à s'en tenir aux faits qu'il observera de ses propres yeux, afin que par les seuls efforts de son esprit, il puisse arriver à la découverte d'une théorie qui explique les faits dont il aura été le témoin.

Pendant que je me livrais à mes expériences électro-métallurgiques, je remarquai que dans un certain nombre de dissolutions mélangées, la quantité de fluide électrique déga-

gée ne dépendait pas de la nature de l'élément négatif, mais bien de la facilité avec laquelle l'hydrogène s'en dégageait; c'est ainsi que dans une dissolution de sulfate de zinc très légèrement acidulée, l'hydrogène ne peut pas se dégager d'une plaque de cuivre polie, mais réduit plus volontiers le sulfate de zinc, quand la communication est établie avec une petite batterie. La substitution d'une plaque de platine polie, à la plaque de cuivre, n'ajoutait rien à l'énergie, mais l'emploi du platine platinisé produisait un dégagement considérable de gaz, qui allait jusqu'à l'enlèvement du zinc déjà réduit sur le platine poli. Un métal quelconque n'ayant que peu d'affinité pour l'hydrogène, produisait un résultat identique; ainsi le fer produisait un dégagement de gaz et augmentait la force du courant, tandis que le platine poli ne produisait pas le même effet, le zinc lui-même faisait dégager un peu de gaz, parce que l'adhérence du gaz à la surface de ce dernier métal, est moins prononcée que l'adhérence du même gaz à la surface du platine poli.

J'observai aussi que l'acide nitrique laissait passer beaucoup plus d'électricité que le sulfate de cuivre, et même que l'acide sulfurique étendu, uniquement parce que la facilité avec laquelle l'hydrogène réduit ces corps est plus grande que sa propre tendance au dégagement. Dans d'autres circonstances, je fis aussi cette remarque, c'est que l'hydrogène se dégage plutôt que de réduire un sel métallique, tel que le sulfate de zinc, et que toujours, la facilité avec laquelle ce gaz se dégage, influe sur la somme du courant, et cela indépendamment de la nature de la plaque négative.

Ces faits me parurent alors être une preuve évidente que la plaque négative ne contribue nullement à la production de l'énergie d'action, que cette dernière n'est d'aucune valeur, et qu'en outre, ce n'est qu'un moyen d'enlèvement du deuxième élément du liquide composé qui intervient dans l'opération. D'un autre côté, Faraday, dans une multitude d'expériences, a démontré que l'action chimique qui survient entre un élément d'un liquide composé, et un corps conducteur quelconque pourrait être la source de la puissance, ou plutôt que cette puissance ou énergie, dépend toujours de l'action chimique et est proportionnée à cette dernière. En examinant ces deux séries de faits, il se présenta à mon esprit une idée qui peut expliquer la nature de la force voltaïque; car si des expériences de Faraday, on déduit que la force prend sa source dans l'action chimique, si on conclut aussi de mes propres expériences que le pôle négatif n'est utile que comme moyen d'enlever le second élément du

fluide composé, il en résulte comme conséquence toute naturelle que si l'affinité chimique d'un corps quelconque pour un des éléments d'un fluide composé est plus grande que la résistance offerte au développement du second, la force doit nécessairement en être le résultat. Je pensai alors que certains métaux pouvaient être réduits d'une dissolution de leur sel en en plaçant le métal en partie dans une dissolution pour l'un des éléments duquel il aurait une grande affinité, et en partie dans une dissolution d'un de ses propres sels. Ce que j'avais prévu arriva en effet dans plusieurs cas, d'après les données que j'avais obtenues en ce qui concerne la facilité avec laquelle l'hydrogène réduit un certain nombre de sels.

Le zinc réduit le zinc ; ainsi, qu'on prenne par exemple un morceau de ce métal, qu'on le plie en deux, qu'on en amalgame une moitié qui sera placée dans l'acide hydrochlorique étendu, et qu'on mette l'autre moitié (celle qui n'est point amalgamée), dans une forte dissolution de chlorure de zinc, rendue aussi neutre que possible ; alors, l'affinité du chlorure de zinc pour l'acide chlorhydrique sera assez forte pour forcer le zinc à se réduire à l'autre extrémité du même fragment de métal. L'emploi du platine, du palladium, de l'argent, du cuivre, ou de tout autre métal ne paraît nullement augmenter l'action ; cette expérience prouve jusqu'à l'évidence l'erreur de la théorie du contact, ou en d'autres termes, elle prouve que la force voltaïque ne dépend aucunement de l'opposition d'une substance à une autre. Dans cette expérience, suivant les partisans de cette doctrine erronée, la force aurait dû se porter du zinc amalgamé au mercure, les deux métaux, d'après ces mêmes théoriciens, ayant la propriété d'émettre de la force, du moment qu'ils sont mis en regard l'un de l'autre ; mais nous avons vu que c'est l'affinité chimique qui détermine la direction du courant.

On peut réduire le cuivre par le cuivre promptement, et à l'aide de moyens bien simples. En effet, si on remplit à moitié une éprouvette avec une dissolution de sulfate de cuivre, et qu'on y verse doucement de l'acide chlorhydrique de manière à la remplir entièrement, et de telle sorte que les deux liquides ne se mêlent que très-peu ; si ensuite on fait pénétrer dans l'éprouvette un fil de cuivre qui la parcourt dans toute sa longueur, on verra de suite se manifester une action. Le cuivre, dans l'acide, se dissoudra promptement, et se déposera avec la même facilité à la partie intérieure de l'éprouvette. Le cuivre seul ne subit aucune action, soit dans l'acide chlorhydrique ou dans le sulfate de cuivre. On peut varier cette expé-

rience en se servant de différents acides et de différents sels qu'on place à la partie supérieure de l'éprouvette ; car quoique l'acide chlorhydrique suffise à lui seul pour montrer le phénomène, l'acide sulfurique étendu ou le chlorhydrate d'ammoniaque produiraient exactement le même effet.

On réduit l'argent par l'argent en plongeant une extrémité d'un fil de ce métal dans un tube poreux contenant du nitrate d'argent en dissolution, et l'autre extrémité dans de l'acide sulfurique étendu, quoique le même métal ne soit pas atteint quand on le place séparément dans l'un de ces deux acides.

On réduit le plomb par le plomb en plongeant l'extrémité d'un fragment de ce métal dans une dissolution de pernitrate de plomb, et l'autre extrémité dans de l'acide nitrique étendu.

On réduit l'étain par l'étain en plongeant une extrémité d'un fragment de ce métal dans du chlorhydrate d'étain, et l'autre extrémité dans de l'acide chlorhydrique.

On réduit même l'or par l'or en immergeant l'extrémité d'un fil de ce métal dans du chlorure d'or, et l'autre extrémité dans de l'acide chlorhydrique étendu, les deux dissolutions étant séparées comme dans les expériences que nous avons déjà fait connaître, par un diaphragme poreux.

M. Grove a fait connaître une très-belle expérience analogue à celles déjà décrites, quoiqu'il en attribuât les résultats à une toute autre cause. Elle consiste à mettre deux fragments d'un fil d'or dans de l'acide nitrique ou chlorhydrique, séparés l'un de l'autre par un diaphragme poreux ; jusqu'ici aucune action ne se manifestera ; mais si on les met en communication, le fragment qui sera plongé dans l'acide chlorhydrique se dissoudra promptement, et l'acide nitrique sera décomposé en même temps par l'hydrogène qui se transportera à l'autre fragment du fil d'or.

Des nombreuses expériences que j'ai faites, jointes aux vastes recherches de Faraday sur la portion chimique de la pile de Volta, les effets voltaïques peuvent être définis : *certains effets produits par l'action chimique d'un corps sur l'un des éléments d'un corps composé, et qui se manifestent entre ce degré d'action et l'évolution du second élément.* On pourrait, en d'autres termes, définir les actions voltaïques : certaines actions spéciales se manifestant entre l'action chimique d'un corps sur un des éléments d'un corps composé et l'évolution du second élément ; le point d'abstraction et de combinaison subséquente du premier élément étant nommé pôle positif ; et le point d'évolution ou de déplace-

nent du second élément du corps composé étant nommé pôle négatif. D'où il suit qu'on pourrait l'appeler action chimique circulaire, parce que le phénomène se montre toujours sous l'apparence d'un circuit.

Ces définitions s'appliquent également à tous les cas possibles, et on n'y trouve qu'un point qui reste encore incertain, quoique, telles qu'elles sont, elles puissent également s'appliquer, de quelque manière qu'on interprète ce point encore obscur. La difficulté, la seule qui persiste, que je sache, touchant la production de la force voltaïque, est de savoir si la force est engendrée par l'analyse du corps composé, ou par la synthèse du sel qui se forme. C'est là probablement un point qui ne sera jamais éclairci, quoique l'analogie doive nous porter à croire que c'est plutôt la combinaison que la séparation des corps qui est la source de la force voltaïque. Ces définitions montrent pourquoi nous ne pouvons pas produire la force par la combinaison de deux éléments ; nous ne pouvons pas espérer obtenir la puissance voltaïque directement par la voie de la combustion ordinaire ; car quoique l'énergie de la combinaison de l'oxygène avec le carbone soit immense, il ne se trouve pas là un second élément, et par conséquent aucun point intermédiaire vers lesquels les effets puissent se manifester. Pour la même raison aucune force ne peut être obtenue de l'union d'un sulfure ou d'un brômure liquide avec les métaux.

L'intensité de la puissance voltaïque étant toujours proportionnée à l'action chimique, et étant l'unique source d'énergie de la pile, il s'ensuit que l'intensité (I), ou la puissance que le fluide voltaïque possède pour vaincre les obstacles, est égale à l'affinité (F) qui gouverne l'action chimique. Mais nous trouvons que cette puissance est diminuée par suite de différentes circonstances, $I=F-O$. O représente la somme dont F est diminuée par les obstacles apportés à la charge chimique de la pile.

Prenons un cercle et examinons ses propriétés : nous voyons que l'intensité d'action (I) est égale à l'affinité (F) du corps qu'on emploie pour séparer un élément du liquide composé (dans la batterie galvanique, on obtient ce résultat par le zinc et l'oxygène), diminuée par les résistances mécaniques fournies par l'enlèvement du composé nouvellement formé (*a*, fig. 14), par l'obstacle offert au passage du courant, par la dissolution composée (*r*), par l'imperfection du pouvoir conducteur des parties solides du circuit (*c*), et enfin par l'obstacle qui est apporté à l'enlèvement du deuxième élément du liquide composé (*e*), ce qui, algébriquement, s'exprime ainsi : $I=F$

$-a+c+r+e$. Ce cercle est supposé formé seulement d'1 série d'atomes uniques de liquide, exposés à la fois à l'act du corps se combinant avec un de ces éléments, et tou les résistances sont supposées constantes.

Quelquefois ce cercle est extrêmement petit, l'r ne cc sistant qu'en un seul atome du composé, et le c d'un s atome du corps se combinant avec un élément. Ceci pou rait être justement nommé un circuit atomique; jusqu'ici a reçu le nom d'action locale.

Considérons maintenant les différentes parties du cerc en détail. F ou l'affinité chimique d'un corps pour un él ment d'un composé est doué d'une force immense qua c'est du zinc qu'on emploie, l'attraction que ce métal exer sur l'oxygène étant des plus énergiques; mais si on le rem place par le fer, l'étain, le plomb, le cuivre ou l'or, l'a traction étant faible, la valeur de F sera diminuée dans de proportions diverses; dans quelques cas, cette diminutio irait presque à zéro.

(a) ou l'enlèvement du composé nouvellement formé n fournit qu'une faible résistance, quand le nouveau sel es soluble dans le liquide, et qu'on lui en fournit une quantité suffisante dans ce but. En général, dans les batteries, l'en lèvement du sulfate de zinc ne produit qu'un léger obstacle, ce sel étant rapidement dissous par l'eau.

(r) varie beaucoup suivant l'étendue du liquide interposé, et sa conductibilité est très-différente dans chaque cas. Il varie aussi suivant les batteries employées. Quelquefois r est une quantité très-complexe, lorsque, par exemple, deux ou plu sieurs liquides sont employés entre la combinaison d'un élé ment d'un composé et l'évolution du second. Par exemple dans la batterie de Daniell, r est composée de trois parties savoir : non-seulement de la résistance offerte par l'acide sulfurique étendu et de la dissolution du sulfate de cuivre, mais de la résistance que présente le diaphragme interposé. r pourrait être composé d'un plus grand nombre de parties car plusieurs d'entre elles peuvent être à des températures inégales, ce qui seul (s'il est vrai que la température in vienne comme élément de la conductibilité) suffirait pour rendre r complexe.

(c) les résistances offertes par les parties de l'appareil qui servent à établir la communication, sont en général insig fiantes, parce qu'on a soin de choisir les métaux bons co ducteurs; c peut être très-complexe s'il est constitué p plusieurs substances conductrices; ainsi, si les communica tions sont établies à l'aide de fils de différentes espèces

métaux, une résistance différente sera offerte par chacun d'eux. Dans chaque batterie, *c* est en général formé de trois parties, savoir : le pouvoir conducteur des plaques positive et négative, et les fils conducteurs intermédiaires.

(*e*) ou résistance à l'enlèvement du second élément est en général très-grande, et est toujours la cause d'un grand obstacle. Mais sous ce rapport les différences sont très-remarquables. Ordinairement *e* est une quantité simple, mais devient complexe quand l'hydrogène est enlevé par divers moyens dans le même moment. Il serait curieux de déterminer si *e* pourrait devenir une quantité plus. Si la force procède de l'analyse, l'emploi d'un corps quelconque ayant une grande affinité pour le second élément, pourrait augmenter le courant. Si, au contraire, la force procède de la synthèse, et cette dernière hypothèse est la plus probable, sinon la plus certaine, *e* ne peut jamais être une quantité plus, mais toujours une quantité moins. Lors de l'enlèvement du second élément par la décomposition d'un autre corps composé, il n'est pas rare de voir un circuit voltaïque se former. Dans la pile de Grove, l'hydrogène agit sur l'acide nitrique pour former de l'eau, et met à nu du deutoxyde d'azote, etc. Mais dans ce cas, la partie intermédiaire à la combinaison du premier élément, et à l'enlèvement du second, n'est qu'un atome d'hydrogène. Il s'ensuit que cette action doit être considérée seulement comme une série de petites batteries locales, ou circuits atomiques n'ayant rien de commun avec la grande batterie, dont on se sert dans les opérations.

Il est absolument nécessaire, d'après notre définition de la force voltaïque, pour être en état d'appliquer ce principe à un cas donné, quelque petite que soit la quantité de force voulue, que *c* ou *r* soient capables d'être prolongés assez loin pour nous permettre, avec les faibles moyens que la nature nous a départis, d'agir avec ces portions de circuit.

Dans les principales batteries maintenant en usage, leur énergie et leurs propriétés relatives peuvent être facilement comprises en prenant en considération, dans leur construction, chacun des éléments ci-dessus mentionnés.

	F	*a*	*c*	*e*	*r*
Grove. . . .	très-grand,	petit,	petit,	très-petit,	moyen.
Daniell.. . .	id.	id.	id.	grand,	le plus.
Smee. . . .	id.	id.	id.	considérable,	petit.
Platine poli.	id.	id.	id.	immense,	petit.

De cette manière, les quatre batteries peuvent être considérées comme égales dans les propriétés de F, *a*, *c*, les diffé-

rences n'existant seulement que dans *r* et dans *e*. Dans la pile de Grove, *e* est si petit, qu'il ne compense pas seulement une légère augmentation de l'*r* sur la mienne, comme je la construis d'habitude, mais qu'il donne encore à cette forme de pile une grande supériorité. Dans la pile de Daniell, l'*e* est un peu plus petit que dans la mienne, mais cette circonstance, dans la pratique, est plus que contrebalancée par l'emploi du diaphragme. L'effet de ces propriétés est que *F* dans la pile de Grove est fort peu diminué, qu'il diminue davantage dans la mienne, et encore plus dans celle de Daniell, et qu'il arrive à son apogée de diminution dans la pile à platine poli. Ainsi s'explique la décomposition de l'acide sulfurique étendu, entre les plaques de platine, par une seule cellule de la pile de Grove, le même résultat n'ayant pas lieu par l'emploi des autres. Cette équation n'est pas seulement applicable aux piles, mais s'applique encore à chaque cas particulier dans lequel une substance quelconque agit sur un liquide composé de manière à le décomposer d'abord, puis ensuite à se combiner avec un de ses éléments, et à mettre l'autre à nu. Ainsi, si on projette du potassium dans de l'acide chlorhydrique étendu, F devient immensément grand, le potassium ayant une forte affinité pour l'oxygène; *a* devient excessivement petit, la potasse étant promptement soluble dans l'eau; *r* est presque réduit à zéro, un seul atome de liquide étant traversé par le courant; *c* est presque réduit à zéro par la même cause; *e* est très-petit; le résultat d'un tel état de choses, est nécessairement une vaste énergie d'action, et par suite une explosion.

Des exemples de contrastes dans la grandeur de plusieurs parties du circuit, sont fournis par la puissance relative de F obtenue par le zinc et le cuivre; dans la résistance relative de *a*, dans la solubilité du sulfate de plomb et du sulfate de zinc; dans la résistance de *r*, dans la conductibilité de l'eau pure et de l'acide chlorhydrique; dans la résistance de *c* dans un fil de plomb de 120 kilom. de longueur, et dans un fil d'argent très-court. Dans la résistance de *e* dans le dégagement de l'hydrogène de dessus la surface du platine poli, et son enlèvement par l'acide nitrique.

Les degrés relatifs d'action que manifestent le zinc, l'étain, le fer et le plomb sur le sulfate de cuivre, peuvent être facilement expliqués; F diffère en offrant plus de grandeur, *a* en étant plus petit quand on emploie le zinc; tandis que *c*, *r*, *e* dans tous les cas restent à peu près les mêmes, car *a* est assez grand quand on emploie le plomb, pour arrêter bientôt toute action.

Le défaut d'action de l'acide sulfurique étendu sur l'amalgame de zinc, devient parfaitement intelligible, si nous l'examinons à l'aide de notre équation pour *e*; l'adhérence du second élément hydrogène, se trouvant énormément augmentée, contrebalance F, l'affinité du zinc pour le premier élément, ou l'oxygène, et nulle action n'a lieu. Le zinc amalgamé est promptement dissous, si on le place dans une dissolution de sels de cuivre ou d'argent, car *e* dans ce cas est affaibli, l'hydrogène réduisant rapidement le cuivre. L'acide nitrique, de la même manière, ne respecte pas l'amalgame de zinc, car *e* dans ce cas est aussi diminué par l'enlèvement de l'hydrogène provenant de la décomposition de l'acide. Comme l'adhérence de l'hydrogène à la plombagine est très-grande, il me sembla que la simple application de la mine de plomb au zinc, en empêchant le dégagement de l'hydrogène, augmenterait *e*, et par conséquent arrêterait l'action locale; mais quoique l'expérience eût un plein succès, la plombagine disparut si vite de dessus le zinc, que je n'ai point jusqu'ici fait d'application pratique de cette expérience. Si le zinc est poli et brillant, l'adhérence de l'hydrogène est si grande, que le métal se trouve aussi bien protégé que s'il avait été amalgamé.

Les cas ci-dessus, avec toutes leurs analogies, ne sont pas les seuls auxquels l'équation soit applicable, car son application peut se faire à l'action de tous les corps l'un sur l'autre.

Dans les cas d'affinité élective unique, comme l'action de l'acide sulfurique sur le nitrate de baryte, un composé est décomposé, un élément entre dans une autre combinaison, l'autre élément est mis à nu; un circuit voltaïque se trouve par conséquent formé, ses parties sont ainsi disposées :

(*c*)	Acide sufurique	(F)
r	Baryte	(*a*)
	Acide nitrique	(*e*)

Dans les cas de double affinité électrique, comme l'action du sulfate d'ammoniaque, sur le nitrate de baryte, un semblable circuit se forme ainsi :

	c		
(F)	Acide sulfurique,	ammoniaque	(*e*)
(*a*)	Baryte,	acide nitrique	
	r		

Dans ces deux cas, cependant, nous n'avons aucun moyen d'augmenter l'*r* et le *c*, jusqu'à un volume appréciable (du

moins, pour ma part, je n'ai jamais pu le faire); et aujourd'hui ces actions ont été restreintes à la formation des circuits atomiques.

Il y a quelques cas où nous pouvons étendre les parties intermédiaires *c* et *r*, et alors notre définition de la force voltaïque, avec la formule qui en découle, nous permet d'obtenir les circuits voltaïques les plus extraordinaires, et que nous n'aurions pas pu produire auparavant à moins que nous ne les eussions obtenus fortuitement. Ainsi du protosulfate de fer mis d'un côté d'un diaphragme, et du nitrate d'argent de l'autre, produiront un courant lorsqu'ils seront mis en communication avec un fil de platine; et un magnifique dépôt d'argent se formera sur le fil de platine, sur le côté du circuit formé de nitrate d'argent.

De la même manière, des circuits peuvent être formés de protosulfate de fer et de chlorure d'or, de protonitrate de mercure et de chlorure d'or, d'acide oxalique et de chlorure d'or, etc. Dans tous les cas le métal est librement réduit sur la partie du fil de platine qui plonge dans le sel métallique. La raison pour laquelle un circuit galvanique est formé dans ces cas est assez évidente; l'eau est l'électrolyte ou composé décomposé, le protosulfate de fer est le corps qui se combine avec un élément, et le sel métallique fournit le moyen d'enlever le second élément ou l'hydrogène, et comme nous pouvons étendre le composé *r* et les parties qui servent à établir la communication *c*, on formera non-seulement un circuit atomique, mais encore une batterie en action.

Au diaphragme ou point de jonction des deux liquides, une pile locale ou atomique se forme indépendamment de la pile générale, c'est-à-dire de celle qui fonctionne.

Voici les parties du circuit dans les cas précités :

	c	
(F)	Protosulfate de fer,	fil de platine.
(*a*)	Oxygène,	hydrogène (*e*).
	r	

(*a*) est l'enlèvement du persulfate de fer par la dissolution.

(*e*) représente l'enlèvement de l'hydrogène par la décomposition du sel métallique.

Il serait extrêmement intéressant de trouver tous les cas de décomposition d'un liquide composé soumis à l'équation, et il y a toute apparence que c'est là un fait.

Pour former une pile ou pour étendre la décomposition du iquide électrolyte à une longueur appréciable, il est nécessaire que quelque obstacle soit offert à l'évolution du second élément au point où s'exerce l'affinité, et qu'il existe un point où la résistance à cette évolution soit diminuée. En d'autres termes, à F, il est nécessaire que *e* soit grand, et qu'en diminuant *e* dans un point éloigné, nous étendions la ligne entre F et *e*, et que nous fassions ainsi une pile voltaïque. En me conformant à cette loi, j'ai construit les circuits thermo et photo-voltaïque, dans lesquels la lumière et la chaleur mettent en mouvement la force voltaïque. Voyez le *Manuel d'Électricité Médicale*, ou *Eléments d'Electro-Biologie*, dans la collection des *Manuels Roret*.

Sous l'empire de diverses circonstances, la partie chauffée devient pôle positif ou négatif. Par suite de la même loi, j'ai découvert que le zinc poli est positif à l'égard du zinc rugueux, et le zinc amalgamé positif à l'égard du zinc poli.

L'impossibilité d'imprimer une tendance négative à un métal lorsque l'hydrogène est enlevé de sa surface, s'explique parfaitement aussi par notre équation; car le non-dégagement de l'hydrogène, comme nous l'avons prouvé, protège le métal. Ainsi, quand une facilité s'offre à l'expérimentateur pour s'opposer à ce dégagement, la protection directe ne disparaît pas seulement en diminuant la valeur de (*e*) et de F, l'affinité naturelle du métal pour un des éléments du liquide, une légère résistance lui étant opposée, commence à agir, et en conséquence le métal est dissous.

L'action plus énergique du zinc rugueux mis en parallèle avec le zinc poli, s'explique de la manière la plus satisfaisante par l'équation; car, dans le premier cas, l'affinité F est opposée par la résistance au dégagement de l'hydrogène *e*. Tandis que, dans le dernier cas, F reçoit une telle opposition de *e*, qu'aucune action ne peut avoir lieu. Les rognures de zinc qui présentent toujours un côté poli et un côté rugueux, montrent ce phénomène d'une manière évidente.

Jusqu'ici nous avons considéré (F, *a*, *c*, *r*, *e*) comme étant constants dans tous les cas; mais dans beaucoup de circonstances, ils sont sujets à des variations continuelles. Je ne me rappelle pas en ce moment un exemple pouvant prouver que F varie d'une certaine quantité, mais *a* varie souvent. Dans la saturation graduelle d'un liquide, *a* augmente progressivement, au point de pouvoir enfin égaler F. Ceci montre pourquoi le zinc cesse d'être dissous, lorsque le liquide est saturé par le sulfate de zinc, quoique ce liquide conserve encore

une forte acidité. c, en général, ne varie pas. r est très-variable, car, comme dans toute opération voltaïque, le liquide éprouve sans cesse des changements, il doit certainement arriver une modification dans sa conductibilité. e est sujet à de grandes variations par suite de l'altération du liquide ou d'autres causes.

Dans tous les cas où il s'agit d'une batterie simple, nous avons vu que l'intensité est égale à l'affinité chimique, sauf les déductions à faire pour les résistances à cette affinité. Dans une batterie composée, l'expression est également simple, car l'intensité est égale à la somme des affinités, moins la somme des déductions à faire pour les résistances. Dans une série de batteries toutes de même natures, $I' = F - a + c + r + e \times n$. Quelquefois ($n$) est très-complexe. Par exemple, si une batterie composée est montée avec celles de Grove et de Daniell et avec la mienne, les valeurs de n doivent être considérées séparément, et leurs sommes réunies.

La figure 16 indique très-bien la disposition et les propriétés d'une batterie composée.

On voit un exemple intéressant de l'affinité de n dans la pile à eau, où (I) est excessivement petit par suite des déductions pour les résistances de a et de r qui sont grandes, mais qui s'agrandit tellement par n, qu'il finit par acquérir une force prodigieuse. Et comme n est susceptible d'être agrandi d'une manière indéfinie, par une série infinie complètement isolée, on pourrait construire une batterie assez puissante pour que le courant pût passer de l'un des pôles placé dans la Tamise, au pont de Londres, à l'autre pôle, situé dans un fleuve de l'Australie, quoique les résistances de r et de c dans ce cas fussent très-grandes à cause de leur extrême longueur. Dans toute pile à eau, comme a, au lieu d'être constant, augmente graduellement, la puissance décroît par degrés au point d'arriver à zéro.

Les puissances curieuses et étonnamment multipliées de n par lesquelles l'énergie peut être augmentée, nous montrent que le pouvoir galvanique ne peut être restreint exclusivement à aucun but particulier; car, après tout, il pourrait arriver que n ne fût pas assez agrandi pour atteindre suffisamment ce but.

Quand nous voulons diriger notre puissance vers quelque application, il est utile de considérer l'objet auquel nous voulons l'appliquer comme une résistance; nous nommerons la déduction nécessaire pour faire l'opération. Si nous

vons une série de semblables, nous les exprimerons par $I \times n$. Si cependant les séries ne sont point semblables, nous aurons $R + R' - R''$. Ici, l'intensité du courant serait égale à la somme des intensités de la pile entière I', plus les obstacles inhérents à sa construction, déduits, moins la somme des déductions pour les résistances. Le R est souvent très-complexe, comme dans la réduction des métaux dans une auge à décomposition, où il est formé d'autant de parties d'une pile voltaïque.

Après avoir amplement discuté le pouvoir de la force pour vaincre les obstacles, nous sommes conduits à déterminer le laps de temps pendant lequel on peut obtenir un nombre donné d'équivalents de la puissance voltaïque. Jusqu'ici nous avons considéré le circuit comme formé d'un seul atome du corps qui se combine avec un des éléments du corps composé; et si l'affinité excède, ne serait-ce que d'une quantité insignifiante les déductions pour ses obstacles, alors dans un temps donné une somme quelconque de travail pourrait être exécutée, pourvu que le courant n'éprouvât pas de variation. On peut concevoir un courant assez faible pour exiger des millions d'années pour réduire un demi-kilog. de cuivre. Si le circuit entier des atomes uniques est augmenté à chaque partie, en un mot, si les circuits voltaïques mathématiques sont placés côte à côte, jusqu'à ce qu'ils atteignent la grandeur d'un tunnel, alors *w* la somme de travail exécuté, dans un temps donné, serait égal à l'intensité de la batterie, moins la déduction pour la résistance de notre appareil en fonctions, multipliée par le nombre de parties du tunnel A; ainsi : $W = I' - R \times A$.

Cette équation nous donne la somme des actions chimiques, dans la série entière des piles et des auges à décomposition, ou, en d'autres termes, la somme des actions exprimées par chacune d'elles ; cependant, en général, on désire estimer la somme exprimée par une cellule en particulier ; dans ce cas, nous divisons notre équation par le nombre de cellules et d'auges (n) ; ainsi :

$$W' = \frac{I' - R \times A}{n}$$

C'est ici le point où notre théorie de la pile s'accorde avec la loi de Ohm, car virtuellement sa puissance électro-motrice est égale à notre I A, ou intensité et quantité combinées; selon Ohm, W, ou le travail exécuté par la pile, est égal à E divisé par ses résistances, et selon notre formule W est égal

nous donnions assez d'étendue au circuit. Dans l'électricité par fraction, (I) est énorme, mais (A) est diminué jusqu'à ses dernières limites, en sorte que ne pouvant diriger A de manière à l'augmenter indéfiniment, nous ne pouvons pas arriver, dans l'état actuel de la science, à obtenir la somme de travail que nous voudrions produire dans un laps de temps donné. Dans l'électricité animale, (I) est grand, (A) l'est modérément; dans la thermo-électricité, (I) est diminué probablement par gradation, en sorte que, quoique A et *n* puissent être multipliés indéfiniment; cependant, en pratique, nous ne pourrions point vaincre complètement la petitesse de (I).

Dans cet affreux bouleversement de la nature qui s'est montré récemment, où le bruit qui accompagnait les décharges électriques sur la métropole, était assez terrible pour glacer d'effroi non-seulement des femmes craintives, mais les hommes les plus courageux (1) et même des enfants dont, jusqu'alors, le système nerveux n'avait point subi l'empire de la terreur, pendant cette tempête effrayante où chaque être vivant était en proie à la frayeur, et où la nature elle-même semblait épouvantée de son propre ouvrage, combien (I) était immense ! combien (A) était grand ! Que ne pouvais-je emprisonner cette masse de force qui, en éclatant, commettait tant de ravages sur les maisons, les églises et les arbres ! Que ne pouvais-je, après avoir renfermé cette force dévastatrice, l'employer à ma guise ! Alors, toutes les piles eussent été considérées comme des jouets d'enfants, des instruments de physique bons à admirer, mais sans utilité; car (I A) étant indéfiniment grands, j'aurais pu obtenir sans frais, et dans un espace de temps donné, la somme de travail que j'aurais voulue.

Il ne rentre pas dans mon cadre d'examiner, maintenant, l'évaluation des parties de (I), dans d'autres cas où la force est produite, c'est-à-dire une électricité dont il n'est pas prouvé que la source provient de l'action chimique. De grandes difficultés accompagneraient la solution de cette question, attendu qu'il est impossible d'augmenter le volume du circuit dans des cas semblables ; de telle sorte que l'action, dans chaque partie, devienne appréciable à nos sens. Il est cependant bien évident que, de même que dans les circuits voltaïque et thermal, (I) peut être augmenté indéfiniment

(1) Une violente tempête éclata sur la ville de Londres dans l'année 1843, vers 5 heures du matin, elle renversa au même instant un grand nombre d'arbres, d'édifices, d'églises, etc., sur une étendue de plusieurs milles.

par (N), de telle sorte que la puissance de (I), dans chaque cas, soit ramenée au même degré que la puissance qui surmonte les résistances R' R'' R''', etc.

Les obstacles qui empêchent de compléter le circuit voltaïque (O) sont composés, comme nous l'avons vu, de différentes parties, *a*, *e*, *r*, *c*; mais quoiqu'ils diffèrent d'espèce, cependant, s'ils ont des propriétés de résistance semblables, on pourrait dresser une table parfaite, dans laquelle on les ramènerait à la même unité donnée, et qui montrerait la valeur isolée de chacune d'elles. Le principe, d'après lequel cette table serait dressée, est la loi qui préside à l'art de compléter le circuit voltaïque. Nous en parlerons en détail quand nous traiterons de la réduction des alliages. Dès que nous aurons une table semblable, dressée avec soin et numériquement, les lois du passage du circuit voltaïque, qui embarrassent les expérimentateurs les plus éclairés, seront devenues certaines, et les difficultés disparaîtront pour faire place à la facilité et à la certitude de l'arithmétique. Après qu'on aura obtenu des tables parfaites de (O) et de ses différentes parties, on pourra obtenir à volonté la valeur relative de (I) qui provient de plusieurs causes, en trouvant quelle étendue de (O) neutralise chaque (I) en particulier; et la valeur de (I), ou force d'une batterie quelconque, sera fixée avec une égale facilité. Le besoin de tables complètes de (O) et de (I) se fait maintenant vivement sentir, non-seulement parmi les électro-métallurgistes, mais encore parmi tous ceux qui emploient la pile de Volta.

Dans les essais qu'on fera pour construire des tables de (O), comme la puissance relative de (O) varie suivant les sommes différentes de (I), on doit faire une grande attention à ce fait; mais probablement, dans un certain nombre de ces cas, la loi de Ohm pourra être d'un grand secours.

Maintenant, abandonnons ma théorie du galvanisme et mes formules; et que ceux qui n'ont ni du temps, ni du goût pour ces abstractions, se souviennent, dans toutes les opérations, que la somme des déductions pour la résistance n'excède pas la somme des intensités, et qu'en agrandissant le circuit, chaque partie se trouve également augmentée. Que ceux qui se sont dévoués à l'étude de ces propriétés se souviennent qu'elles deviendront inutiles, si elles ne sont pas activement mises à contribution; de la sorte, si quelque difficulté se présente dans un circuit voltaïque, il faut la rattacher au chapitre qui la concerne, et l'expérimentateur peut être certain qu'une pratique continuelle, et l'habitude d'employer ces expressions mathématiques, le mettront à

même de diriger ses opérations avec cette certitude que ne saurait acquérir une routine aveugle.

Récapitulons, maintenant, chaque circonstance qui, fournissant une résistance au passage du fluide galvanique, est susceptible de diminuer la somme d'action. Premièrement, dans la pile elle-même, le courant électrique peut être diminué par les plaques métalliques, si elles sont trop minces pour conduire facilement ce courant; il peut être diminué aussi, si les plaques sont trop éloignées les unes des autres, ou si le liquide interposé est mauvais conducteur. La plaque négative peut être couverte d'hydrogène et rendue presque inerte, ou bien la plaque négative peut devenir sans action, par suite de la saturation de l'acide par le zinc ou du liquide par le sel métallique. En dehors de la batterie, la résistance peut être fournie par des fils trop petits, ou par des communications établies à l'aide de corps mauvais conducteurs, ou, si l'on fait communiquer la batterie avec un appareil à décomposition, dont chaque partie obéit aux mêmes lois que la batterie elle-même.

L'application de la puissance voltaïque aux arts est un des plus grands progrès des temps modernes, et quoiqu'on ait beaucoup travaillé dans ce vaste champ de recherches, ce que nous avons dit suffit pour montrer qu'à mesure que nous avançons, la route s'agrandit, en exposant aux regards un vaste espace de terrain, dont la fertilité est en raison du travail et du talent qu'on déploiera dans sa culture.

CHAPITRE III.

Des autres sources de la puissance voltaïque.

De l'électricité animale, de l'électricité des éclairs et de l'hydro-électricité, considérées comme sources de puissance, 104. — De l'électricité magnétique, 105.

104. Toutes les fois que l'électricité, de quelque source qu'elle provienne, agit sur un liquide, ou le traverse, les effets qu'on observe obéissent aux mêmes lois. En pratique, l'électricité qui se développe dans une pile de Volta est, règle générale, applicable seulement à l'électro-métallurgie; cependant, l'éclair des nuages, l'électricité de la machine thermo-électrique, ou l'électricité magnétique, pourraient être parfois appliqués aux mêmes résultats.

En ce qui concerne la thermo-électricité, on peut produire un courant d'une grande puissance par la vapeur soumise à une haute pression. Dans ce but, on emploie une chaudière à haute pression (fig. 18); alors, si on fait passer la vapeur à travers un tube, le frottement des particules aqueuses de cette vapeur contre un morceau de bois dur, disposé à cet effet, développera la force électrique. Jusqu'à présent, le fluide voltaïque provenant de cette dernière source n'a pas été appliqué à l'électro-métallurgie, et est probablement inférieur à la pile de Volta.

Gassiot, dans le but sans doute de faire une expérience curieuse, se servit d'une torpille pour former un des anneaux de Nobili; mais il est inutile de dire que, pour les opérations électro-métallurgiques, nous ne pouvons utiliser ces poissons si curieux.

Il y a quelque chose de vraiment poétique dans l'idée qu'on a eue de maîtriser les éclairs, au lieu d'être maîtrisé par eux; de même qu'on s'en est servi pour décomposer l'eau, on pourrait également les utiliser pour les opérations électro-métallurgiques. Nous pouvons donc hardiment avancer que les faits matériels de notre époque surpassent, sous le rapport de l'idée poétique, les imaginations les plus brillantes des temps antiques. Ce qui, dans les siècles écoulés, aurait assez dépassé les bornes du sublime pour toucher au ridicule, est aujourd'hui un fait acquis qui n'offre plus aucune prise à la controverse.

A l'aide des appareils électro-magnétiques nous pouvons obtenir un courant d'intensité d'un courant de quantité. Faraday découvrit, le premier, qu'en établissant ou en détruisant le contact d'une pile galvanique, à l'aide d'un long fil, un autre courant se développait dans un second fil isolé du premier, par quelque corps non conducteur. Ainsi, si on prend un fil de cuivre de 20 mètres de long et de 3 millim. de diamètre, et qu'on dispose en hélice en l'enroulant avec régularité autour d'un tube creux et qu'on superpose à ce dernier un fil très-mince d'environ 400 mètres de long, recouvert de soie, de coton, ou de tout autre corps non conducteur, et enroulé autour du premier fil dans le même sens, on formera un appareil propre à exécuter l'expérience, en faisant communiquer les deux extrémités du fil le plus gros avec les éléments d'une pile galvanique. Un courant électrique se forme dans le second fil; et quoique le premier courant puisse ne provenir que d'une seule paire d'éléments, le second courant peut atteindre une intensité telle, qu'il pourra produire des chocs d'une grande puissance; on obtient un

courant secondaire en détruisant de nouveau la communication ; mais un second courant ne se forme pas pendant que le circuit est complet. Ces résultats deviennent encore plus remarquables, si on place un morceau de fer doux, ou un faisceau de fils-de-fer doux, dans le tube autour duquel est enroulé le premier fil, parce que l'on ajoute alors les puissances de l'induction magnétique à celles qui proviennent directement de la pile galvanique. Une machine a été construite d'après ces principes et de la manière ci-dessus détaillée; une extrémité du premier fil est mise en communication avec une roue dentée en métal, l'autre extrémité se joint à une pièce de laiton flexible capable d'exercer une pression sur les dents de la roue. En tournant la roue, le contact se trouve successivement établi et détruit, suivant la rapidité de la rotation; de cette manière, on peut produire des centaines de chocs dans une minute.

Le courant par induction, ainsi obtenu, est un courant de va-et-vient; mais ce courant devrait toujours être interrompu (fig. 19).

MM. Horne et Tornthwaite ont inventé une machine agissant d'elle-même, qu'ils ont nommée machine électro-magnétique, dans laquelle le second courant est interrompu, par suite de la construction particulière de la machine. Dans ce cas, l'induction magnétique s'ajoute à l'induction galvanique, et ce résultat peut être utilisé dans une des deux circonstances pour les besoins des arts.

105. Il y a 15 ans, mon très-honoré maître, le professeur Daniell, avait coutume de montrer dans ses leçons un aimant dont Faraday, le premier, avait obtenu une étincelle électrique par induction. Lorsque, après avoir fermé les croisées, il faisait jaillir cette étincelle, rien n'égalait l'animation et la joie qu'il éprouvait de ce que cet aimant fût le premier qui eût servi à faire cette découverte. Il ne songeait guère, alors, que cette petite étincelle, montrée comme curiosité dans un cours de physique, serait dans peu d'années utilisée dans les arts, et deviendrait une source de richesses pour les manufactures et de gloire pour son inventeur. L'étincelle du physicien a été métamorphosée en un courant électrique actif, par l'emploi d'aimants puissants, devant lesquels on fait tourner des pièces de fer doux entourées de nombreuses couches de soie. Suivant la puissance de l'aimant, le rapprochement des armatures, la longueur et la grosseur des fils, on obtient une quantité ou une intensité d'électricité plus ou moins grandes; par la révolution des armatures (fig. 19),

l'appareil électro-magnétique donne un courant de va-et-vient; mais pour les opérations électro-métallurgiques, on peut le disposer de telle sorte, que chaque courant alternatif soit interrompu. Ce qu'il y a de curieux, c'est que, quoique cette machine donne un courant intermittent, elle produit une déclinaison constante de l'aiguille aimantée, en sorte que, dans ses effets chimiques, il équivaut à un courant constant.

En laissant de côté le prix que coûte une machine électro-magnétique, voyons si on doit la préférer à la pile comme source de puissance. C'est une loi fondamentale en physique que, pour produire un changement quelconque dans la matière, un changement correspondant dans une autre matière doit avoir lieu ; dans la pile, le changement dans la matière a lieu dans la cellule, où la puissance prend sa source dans l'action du zinc sur l'eau. Dans la machine électro-magnétique, la puissance provient de la combustion, laquelle engendre la vapeur qui fait mouvoir les roues de la machine à vapeur et fait tourner les armatures. Comme, partout où il se trouve une machine à vapeur, la puissance excède en général les besoins, on est en droit de penser que l'électricité magnétique peut être obtenue à peu de frais; néanmoins, quoique l'électro-magnétisme ait été appliqué avec avantage à la réduction de l'or et de l'argent, qui tous deux, par leurs équivalents élevés, n'exigent qu'une somme peu élevée d'électricité pour effectuer une réduction quelconque, je suis d'avis que la pile doit, quant à présent, l'emporter sur la machine électro-magnétique. (*Voyez* cette machine, fig. 20.)

M. Henley a pris un brevet pour un télégraphe électro-magnétique de son invention, qui semble plus parfait et plus élégant que tous les instruments de ce genre imaginés jusqu'ici.

Les journaux américains contenaient, il n'y a pas longtemps, des indications sur la fabrication du gaz, à l'aide de cette machine; mais les détails que donnent ces journaux semblent n'être qu'un de ces *canards* dont les Américains seuls possèdent le secret.

La machine électro-magnétique, cependant, mérite de fixer l'attention ; car, si on pouvait arriver à la perfectionner, de telle sorte que l'eau pût être décomposée par elle, en grande quantité, alors elle deviendrait, sans aucun doute, une des machines les plus importantes parmi les inventions modernes.

L'électricité obtenue à l'aide de la machine électro-magné-

tique ne diffère pas de celle que produit la pile ; et quand fluide agit sur un liquide ou sur une dissolution métalliq ou autre, les effets produits dépendent de l'intensité ou de quantité d'électricité qui passe actuellement à travers le l quide. Le principal inconvénient qu'offre ces machines e la production d'une puissance douée de peu de quantit quoiqu'elle montre une grande intensité. Comme une cons quence de sa grande énergie, on peut, par son intermédiair vaincre de grandes résistances. D'où il résulte qu'à cau de son emploi économique, l'auge composée, dont la des cription est donnée plus loin, lui est préférable.

LIVRE II.

DE L'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE.

CHAPITRE PREMIER.

Des appareils employés pour la réduction des métaux.

Idée de l'électro-métallurgie, suggérée par la pile de Daniell, 106. — Appareils à tubes poreux ou à simple cellule, 107 à 112. — Appareil à tube capillaire, 113. — Appareil à cloison de plâtre, à pôles positifs en zinc, fer et étain, 114.—Appareil de batteries composées, 115-116. — Appareil à simple cellule, 117-118. — Auge à précipiter, 119. —Simple cellule jointe à une batterie, 120. — Disposition de Mason, 121. — Maniement des appareils, 122-123. — Lignes qui se produisent sur le métal réduit ; moyen de les éviter, 124. — Adhérence et non adhérence du métal réduit, avec son modèle, 125 à 128. — Adhérence apparente, 128. — Accroissement latéral du métal réduit. — Parallèle des frais qu'exigent les différents modes de réduction de métaux, 129.

106. L'électro-métallurgie étant sous la dépendance de l'agent galvanique, est soumise aux mêmes principes et aux mêmes lois qui ont été examinés dans la partie de cet ouvrage qui traite du galvanisme et des piles galvaniques ; c'est pourquoi, pour pouvoir réduire les métaux à l'aide de ce fluide, il faut avoir une connaissance approfondie du galvanisme et des appareils voltaïques. Il est indispensable que le lecteur se familiarise avec le contenu des chapitres précédents, avant d'entrer dans l'étude de celui-ci, car, quelles expériences pourrait-on conduire avec succès sans la connaissance des instruments à l'aide desquels se font ces expériences (1) ? Toutefois, indépendamment des propriétés gé-

(1) Un autre motif doit encore engager l'électro-métallurgiste à faire une étude approfondie du galvanisme. La galvanoplastie, quoique déjà riche d'une multitude de faits d'une application usuelle, est encore destinée à étendre ses conquêtes ; et chaque

nérales du galvanisme dont nous avons déjà traité, il en exis qui concernent soit les différents métaux, soit les qualit différentes des mêmes métaux.

Ces propriétés, ainsi que les appareils à employer pou obtenir les précipités, exigent un examen approfondi.

L'idée de l'électro-métallurgie semble avoir été suggéré par l'emploi de la pile du professeur Daniell (1), car, pen dant qu'elle fonctionne, le vase extérieur en cuivre qui jou le role de métal négatif, se revêt d'une couche additionnell de cuivre, et ce dépôt reproduit exactement l'empreinte du vase auquel il adhère. Si l'on se rappelle la construction de cette batterie, on voit qu'elle est principalement formée de deux récipients, dont le plus interne est poreux et contient de l'acide sulfurique étendu, tandis que le récipient externe

expérimentateur est appelé à en reculer les limites. Mais, pour que les expériences qui doivent amener ces nouveaux progrès puissent être faites utilement, il est nécessaire qu'elles soient éclairées par une sage théorie. Dès lors il est indispensable qu'on se pénètre bien des principes qui président à la réduction des métaux en général, et qu'on connaisse à fond toutes les particularités qui se rattachent à chaque métal. Nous savons bien que la routine, malheureusement encore trop commune de nos jours, affecte un souverain mépris pour tout ce qui touche à la théorie; mais quel que soit l'empire des préjugés, les gens éclairés comprendront facilement que dans un art tout de raisonnement et de déduction, comme la galvanoplastie, les théories chimiques qui lui ont donné naissance, doivent, avant tout, être familières à l'expérimentateur.

(1) En attribuant au professeur Daniell l'idée primitive de l'électro-métallurgie, M. Smee semble avoir pris à tâche de rabaisser le mérite de la découverte simultanée de MM. Spencer et Jacobi. Nous ne pouvons partager cette opinion; car, entre bien que le fait qui donne naissance à la galvanoplastie résulte nécessairement de l'emploi de la pile de Daniell, de la simple constatation de ce fait à son application pratique dans un but utile, il y avait un pas immense, et ce pas, MM. Jacobi et Spencer ont le mérite incontestable de l'avoir fait faire à la science. A ceux donc qui chercheraient à rabaisser la belle découverte de ces savants, on pourrait répondre ce qu'autrefois Christophe Colomb répondit aux objections qui lui étaient faites sur la facilité de la découverte de l'Amérique : Qui d'entre vous, dit-il à ses détracteurs, pourrait faire tenir cet œuf debout sur ce marbre ? Et comme personne ne lui répondait, Colomb prit l'œuf, et le frappant légèrement sur le marbre de manière à affaiser un peu le haut de la coquille, il l'y fit tenir. Ce problème, leur dit-il, était plus facile à résoudre que de découvrir un monde nouveau, et pourtant pas un de vous n'en a trouvé la solution.

Laissons donc à chacun son mérite, à Daniell celui d'avoir, en inventant sa pile, donné naissance *au fait galvanoplastique* sans en connaître la portée; à MM. Spencer et Jacobi la gloire, bien plus grande, de s'être emparés de ce fait, d'en avoir tiré les conséquences et de l'avoir appliqué à la création d'un art nouveau; à M. Smee enfin, le mérite d'avoir recherché les causes de ce fait, et d'avoir formulé exactement les lois qui lui donnent naissance.

enferme la dissolution de sulfate de cuivre et le métal négatif.

La batterie de Daniell est composée de deux récipients, dans lesquels deux opérations distinctes s'exécutent ; dans l'un se produit la dissolution du zinc, dans l'autre s'opère la réduction du métal contenu dans la dissolution. Dans beaucoup de circonstances, le passage du sulfate de zinc qui se forme pendant l'opération, dans l'autre cellule, n'offre pas beaucoup d'inconvénients ; mais quand on veut séparer complètement les deux liquides, on emploie un diaphragme, pour atteindre ce but.

107. (1) La substance qui paraît la plus propre à séparer ces dissolutions, dans un appareil à simple cellule, est une membrane animale. Il en existe de plusieurs espèces : Les vessies de différentes textures, la muqueuse de l'intestin du bœuf, et la baudruche fine ; on peut employer aussi les vessies de différents animaux suivant les circonstances. Les membranes animales opèrent la séparation des dissolutions, mieux qu'aucun autre diaphragme ; mais, dans la plupart des cas, elles offrent trop de résistance au passage du courant. Il y a un grand nombre d'espèces de papier qui peuvent servir à faire des tubes poreux ; ces tubes ainsi faits laissent passer le courant suivant leur texture particulière. Le papier gris, et le papier à gargousses sont souvent employés avec avantage par les électro-métallurgistes, et ils durent longtemps avant qu'on soit obligé de les renouveler.

Dans ces derniers temps, on a beaucoup employé les tubes en terre poreuse ; les plus estimés absorbent facilement les liquides, et ressemblent aux vases qu'on emploie pour rafraîchir les boissons. On leur donne des formes différentes suivant le but qu'on se propose. Ceux de première qualité sont fabriqués avec soin ; on les fait avec une argile de qualité supérieure, mais la terre commune qui sert à la fabrication des pots à fleurs, peut suffire dans quelques cas qui exigent l'emploi des tubes en terre poreuse. Dans le choix des vases poreux, il faut se garder de deux excès : ils peuvent être trop cuits et ne seront pas suffisamment perméables aux liquides, ou bien ils peuvent n'avoir point subi une cuisson suffisante, et alors, ils pourront être attaqués, et en partie dissous par les dissolutions métalliques. En outre, il faut s'assurer si l'eau passe lentement, mais complètement à travers leur substance ; en un mot, il faut être certain que la porosité existe dans toute l'étendue de leur surface, mais l'électro-métallurgiste expérimenté peut toujours vérifier ce fait, en touchant le tube du bout de sa langue, le degré de

sécheresse produit sur cet organe par l'absorption de son humidité, sera un sûr indice de la facilité avec laquelle les liquides passeront à travers son tissu. Les seuls indices d'une cuisson imparfaite sont : l'aspect argileux des tubes, et l'odeur particulière qu'ils répandent quand on les met dans l'eau ; une pipe ordinaire dont on bouche l'orifice avec un tampon de bois, peut être utilisée dans les petites expériences. Des tubes en bois poreux ont été employés par quelques expérimentateurs, entre autres par Jacobi. Il faut les faire bouillir dans un acide avant de s'en servir, afin de les rendre plus poreux ; mais on n'en retire aucun avantage particulier. On emploie quelquefois le plâtre de Paris, mais il est promptement attaqué par les liquides ; et, somme toute, son emploi n'offre aucun avantage. Un vase quelconque offrant une fissure ou cassure, peut remplacer un tube poreux, il suffit qu'il laisse fuir le liquide qu'il contient, pour qu'il transmette le courant galvanique. Nous avons déjà dit précédemment, que plus le vase est poreux, plus la quantité d'électricité qui se forme est grande, et plus aussi est grande la quantité de métal déposé, attendu que la somme du dépôt est toujours en raison de la quantité d'électricité produite. Voici une table qui montre l'ordre dans lequel on doit ranger différentes substances suivant leur capacité à admettre le passage de l'électricité :

1. Papier gris.
2. Plâtre fin de Paris.
3. Terre à potier poreuse.
4. Baudruche.
5. Vessies d'épaisseurs variées.
6. Plâtre grossier de Paris.
7. Tubes capillaires.

108. De tous les appareils dont on peut se servir pour précipiter les métaux, le plus simple est la pile de Daniell, qui offre un tube en terre poreuse pour contenir l'acide et le zinc, tandis que le métal négatif, qui est ordinairement le corps qui doit recevoir le dépôt, est placé en dehors de ce tube, et communique avec le zinc à l'aide d'un fil métallique. Qu'on prenne par exemple un vase quelconque (fig. 21) ; qu'on le remplisse à moitié d'une dissolution de sulfate de cuivre (*s*), qu'on plonge dans cette dernière, le tube en terre poreuse (*p*), contenant du zinc et de l'acide étendu, et on aura la pile de Daniell ; car lorsqu'on désire obtenir une électro-médaille, il suffit de mettre un ou plusieurs modèles dans le vase externe (*m*, *m*), qu'on fait communiquer par un fil métallique avec le zinc, et l'action commence immédiatement. On peut

placer un nombre indéterminé de modèles dans le vase externe, pourvu qu'il puisse communiquer avec le zinc. La saturation du liquide peut être maintenue en mettant une certaine quantité de sulfate de cuivre dans un nouet suspendu dans la dissolution de ce sel, au-dessus du modèle. L'inconvénient que présente cette forme d'appareil consiste dans le passage rapide du sel de zinc dans le vase extérieur. Mais elle offre l'avantage de permettre de placer le corps qui doit recevoir le dépôt dans une position verticale, ce qui le rend moins sujet à se couvrir de molécules pulvérulentes. La grandeur du vase externe n'est point limitée, car depuis la capacité restreinte d'une simple cuve, jusqu'à l'immensité d'un grand lac naturellement imprégné de sulfate de cuivre, on trouverait les éléments d'un appareil dont l'électro-métallurgiste pourrait être fier.

109. Il existe une autre forme d'appareil, où une membrane de vessie tient lieu de tube en terre poreuse et où la position du moule est horizontale (fig. 22). Ici, le récipient extérieur est carré, et est construit en bois revêtu intérieurement d'un lut : sur l'un de ses bords on fixe une tige de laiton percée de deux trous, dont l'un sert à établir la communication entre le fil et l'original, tandis que l'autre fait communiquer le fil avec le zinc de la pile. Dans l'intérieur de cette caisse, on place une planchette d'acajou qui supporte un cylindre de verre où se trouve une plaque de zinc, ainsi que les cristaux de sulfate de cuivre qu'on veut dissoudre. Sur les bords du verre on fixe une membrane de vessie, cette membrane remplit l'office du récipient extérieur ou du tube poreux des appareils précédents, elle contient l'acide et le zinc. Ce dernier communique avec le fil métallique à l'aide d'un étrier à vis, de manière à pouvoir être facilement enlevé. Cet appareil est supérieur, à bien des égards, à ceux précédemment décrits, parce que le sulfate de zinc ne peut pas filtrer facilement à travers la membrane pour se mélanger avec le sel de cuivre, et, en outre, on a plus de facilité pour changer le zinc et les acides (1). Quand on se sert de cet appareil, il faut avoir soin que l'orifice du verre

(1) Les appareils décrits dans les numéros 109 et 110 seront très-suffisants pour les personnes qui ne s'occupent de la galvanoplastie que comme récréation. Ces appareils sont très-propres à obtenir les copies de médailles, sceaux, cachets, camées, et en général, tous les objets d'une petite dimension. L'extrême simplicité de ces piles et leur manipulation facile les recommandent aux commençants et à toutes les personnes peu familiarisées avec les opérations chimiques. Il existe encore une autre forme d'appareil très-simple, inventée par M. Sorel. Nous en donnerons la description dans l'Appendice.

soit assez grand pour qu'il y ait irradiation du zinc à toutes les parties du moule ; car l'omission de cette précaution serait sujette à de graves inconvénients. Il faut aussi avoir soin de mettre le zinc à une distance telle, que chaque point de sa surface soit également distant du métal sur lequel le dépôt doit avoir lieu, afin que ce dernier puisse présenter partout la même épaisseur (17).

110. Dans tout appareil à simple cellule, le liquide qui contient le sel métallique doit être maintenu à un degré convenable de saturation, en laissant quelques cristaux dans la dissolution ; si on laisse ces derniers descendre au fond du vase, ils ne rempliront pas le but qu'on se propose, celui de maintenir la dissolution dans un état convenable de saturation (1). Car, les parties du liquide qui ont été dépouillées de leur sel métallique s'élèvent à la surface, tandis que les parties saturées restent au fond, en contact avec les cristaux, et empêchent ainsi ces derniers de se dissoudre. On peut vaincre cependant cette difficulté, en plaçant les cristaux qui doivent être dissous, dans un nouet ou dans une petite trémie qu'on dispose sur une petite planchette à la partie supérieure du liquide ; par ce moyen, la saturation sera maintenue.

111. On peut construire de la manière suivante une autre variété d'appareil : on prend une boîte de bois bien étanche, qu'on divise en deux compartiments par une cloison en terre poreuse, semblable à celle qui sert à préparer les tubes poreux de la pile de Daniell. On met la dissolution de cuivre et le métal négatif dans un des compartiments, et dans l'autre on introduit de l'acide sulfurique étendu et le zinc, qui, dans la planche, sont représentés par les lettres (*mm*) fig. 23. L'avantage que présente cet appareil consiste à rendre les opérations plus faciles, et son emploi permet de placer le zinc et le cuivre à une égale distance l'un de l'autre, circonstance importante dans la fabrication des grandes plaques, qu'on peut ainsi obtenir facilement. Le diaphragme poreux pourrait être remplacé par un diaphragme plus facile à préparer, mais moins durable, en plâtre de Paris, en papier, ou en membrane de vessie. L'appareil à décomposition formé

(1) La saturation du liquide qui tient en dissolution le sel métallique, est d'une grande importance, surtout pour la réduction du cuivre. Cependant cette importance a été exagérée, et l'on verra plus tard, qu'en thèse générale, le plus ou moins de saturation du liquide doit être proportionné à l'intensité du courant. On pourra remédier au défaut de saturation du liquide, soit en le remuant souvent avec une baguette de verre, soit en recourant au procédé indiqué par M. Smee, numéro 110.

'un verre à boire coupé en deux (fig. 11, et qui a été décrit nº 77) peut servir à faire un grand nombre d'expériences.

112. D'autres variétés d'appareils peuvent être imaginés au gré de l'opérateur, car, quel que soit le mode de construction de la batterie de Daniell, elle répondra également aux besoins de l'électro-métallurgiste (Nº 38); la seule chose à observer, est que le zinc soit placé partout à égale distance du métal ou du moule sur lequel la réduction du nouveau métal doit avoir lieu, de telle sorte que le dépôt métallique offre partout la même épaisseur. Si cette distance varie, le métal réduit présentera une épaisseur inégale; la partie du dépôt la plus rapprochée du métal positif sera très-épaisse, tandis que cette épaisseur ira en diminuant à mesure qu'on s'éloignera de ce métal. Dans quelques cas, cet effet est plus apparent que dans d'autres; mais quelquefois, quand une simple tige de métal est placée vis-à-vis d'une large surface de métal négatif, il se forme une masse complètement convexe, diminuant graduellement d'épaisseur du centre à la périphérie. Quelquefois ces effets d'irradiation présentent des phénomènes complexes; mais en général, ils peuvent être ramenés à ce fait: que le principe galvanique n'est pas essentiellement radié, mais qu'il passe autour d'un angle; ainsi, si une pièce plate de cuivre est mise en face d'un autre modèle, dans une dissolution de sulfate de cuivre, une portion de courant se forme sur chaque point de la partie postérieure du pôle positif, qui, passant autour d'un de ces angles, provoque un dépôt métallique plus considérable à la circonférence du moule. D'autres fois les effets de l'irradiation sont beaucoup plus compliqués, par suite de l'uniformité incomplète de la force de la dissolution pendant que l'appareil fonctionne; dans un cas semblable, chaque partie, n'étant pas douée d'une conductibilité identique, admettra une quantité différente d'électricité, et une épaisseur inégale du dépôt en sera la conséquence.

113. J'emploie quelquefois avec avantage l'appareil suivant pour obtenir de faibles courants. Sa construction est fort simple. On met la dissolution qu'on veut réduire dans un verre à boire, on effile ensuite un tube de verre dont l'orifice doit être capillaire à une de ses extrémités; ce tube remplit l'orifice d'un tube poreux et contient le zinc (on peut employer à cet effet un fil de zinc amalgamé) et une dissolution acide très-étendue. La quantité d'électricité qu'engendre cet appareil est nécessairement peu considérable, car sa construction n'est pas propre à en produire une grande abondance; d'abord, plus la dissolution acide est étendue,

plus la quantité d'électricité diminue; en outre, l'orifice capillaire du tube à travers lequel le courant doit passer est si petit, qu'il est nécessaire d'employer une grande force pour y faire pénétrer un liquide même goutte à goutte, et c'est là un grand obstacle au passage du courant; on emploie d'ailleurs un fil de platine très-fin pour établir la communication; et enfin la substance qu'on soumet à l'expérience n'est pas placée vis-à-vis de l'orifice capillaire. La manière dont le tube capillaire agit pour diminuer la force du courant, paraît être d'interrompre ou de briser la continuité du fluide, en sorte qu'il ne passe qu'un très-faible courant. On peut régler la quantité d'électricité en modifiant le diamètre de l'orifice du tube (1).

114. Quelquefois, quand on n'a besoin que d'un faible courant, on se sert d'un verre à boire dont on bouche l'orifice avec du plâtre épais, qui remplit l'office d'un tube poreux. Quand on ne veut que diminuer légèrement la quantité d'électricité, on se contente d'augmenter la distance qui existe entre les métaux positif et négatif. Dans d'autres cas, on emploie une membrane de vessie épaisse, ou des fils conducteurs d'un petit diamètre, et l'on réunit tout ou partie de ces modifications pour diminuer l'énergie du courant.

Dans l'appareil à simple cellule, on a employé jusqu'ici du zinc comme métal positif, et des dissolutions de différents sels avec le zinc; on a fait usage du sel marin, etc. Les différents sulfates, et autres sels neutres, peuvent être mis en usage sans amalgamer le zinc; mais si on veut éviter les frais qu'entraîne cet amalgame, on peut employer l'acide sulfurique étendu, ou l'acide chlorhydrique étendu, qui tous deux, par leur conductibilité de premier ordre, permettent de réduire une plus ou moins grande quantité de métal dans un temps donné. Le zinc, dans une seule cellule, peut réduire presque tous les métaux, et comme il forme des sels solubles avec les acides nitrique, chlorhydrique, sulfurique, acétique et tartrique, on peut l'employer concurremment avec tous les sels qui contiennent ces acides, car on ne doit jamais oublier qu'il est de la plus haute importance que le sel nouvellement formé soit soluble dans l'eau, et qu'il faut employer une quantité suffisante de ce dernier liquide pour que cette dissolution s'effectue.

Après avoir examiné tout ce qui concerne les dispositions

(1) Les divers appareils à tube capillaire ont été parfaitement décrits dans la savante notice de M. Becquerel, que nous donnons dans l'Appendice, et surtout dans les Éléments d'électro-chimie du même auteur.

prendre quand on fait usage du zinc comme métal positif, qui doit engendrer le courant, je dois dire qu'il n'est pas ujours nécessaire d'employer le zinc pour le produire, car. atiquement, il est possible dans beaucoup de cas, particuèrement dans la réduction du cuivre, de remplacer le zinc ir le fer, substitution avantageuse sous le rapport de l'écoomie. Mais le fer n'est pas capable de produire la même uissance électro-motrice (énergie, ou force primitive du rincipe galvanique), propriété que le zinc possède à un si aut degré. Quand on se sert de fer, il faut augmenter l'étndue de la surface; c'est pour cette raison que, jusqu'ici, dernier métal n'a été que peu employé, si même il l'a été. n outre, avec le fer, on a d'autres difficultés à vaincre; car ne peut pas l'amalgamer, comme le zinc, pour arrêter action locale, et il ne peut être utilisé qu'avec les dissoluons salines et autres, qui ne peuvent elles-mêmes attaquer fer quand elles ne forment pas un courant galvanique. 'appareil le plus propre à l'application de ce métal est celui ui favorise le plus l'accroissement du métal positif. Un genre 'appareil très-simple, est un réservoir en fonte de fer dans quel on place un tube poreux ayant la forme d'un parallépipède plus petit de 3 centim. de chaque côté, et isolé par eux morceaux de bois fixés au fond du réservoir. Le tube oreux, ou vase interne, contient la dissolution saturée de ılfate de cuivre; des cristaux de ce sel sont suspendus à la artie supérieure du tube pour entretenir la saturation du liuide; et il faut augmenter autant que possible sa conductibilité par une addition d'acide étendu. Avant de nous prooncer sur la question de savoir quel est le meilleur liquide citant qu'on doit employer dans la cellule en fer, nous deons dire quel est le sel de fer qu'on doit essayer de former endant que l'appareil fonctionne. Le fer forme des sels olubles avec un grand nombre d'acides, tels que l'acide hlorhydrique, nitrique, sulfurique, etc.; mais je pense, d'arès mon expérience personnelle, que le sulfate de fer est elui dont on doit préférer la formation. Il faut donc se serir de la dissolution d'un sulfate quelconque, tel que celui le zinc, de soude, et, mieux, le sulfate de magnésie ou sel l'Epsom. Ce dernier est vendu au détail, par les pharmaciens, raison de 10 centimes les 30 gram., mais l'électro-métallurgiste pourra se le procurer en gros au taux de 10 centimes le lemi-kilo. J'ai essayé un grand nombre d'autres substances alines, tels que les nitrates, les chlorures, pour remplir la ellule externe; mais les sulfates me semblent préférables. a facilité qu'offre le fer dans ses combinaisons, ajoute beau-

coup à sa valeur ; car 1gr.40 de ce métal engendre une én
gie voltaïque égale à celle que produirait 1gr.60 de zinc.
l'emploi d'un pôle positif en fer, je pense que beaucoup
personnes qui, jusqu'ici, n'ont pu réussir à obtenir des é
tro-médailles, pourront réussir à en obtenir de parfai
mais avec lenteur. Une boite divisée par un diaphragme
reux, ou tout autre appareil à une cellule, dans lequel
pourra mettre une large surface de métal, pourra servir
y placer une plaque de fer comme métal positif. Il est b
à l'aide de quelques vieux clous rouillés, de pouvoir
naître une énergie galvanique suffisante pour obtenir,
quelques minutes de travail et avec une heure de patie
la copie d'une œuvre d'art compliquée, que l'imagina
poétique des Grecs et leur admirable patience auraie
peine pu exécuter. Depuis qu'on peut obtenir une co
exacte d'une monnaie de l'ancienne Syracuse, dont la val
dépasse deux mille francs, à l'aide de quelques ferraille
la dissolution d'une pièce de cuivre valant deux sous, on
plus en droit de considérer les vieux clous comme des ob
dignes de mépris (1).

Il existe d'autres métaux que le zinc et le fer dont on peut se servir pour produire l'électricité ; ainsi, le plomb peut réduire le cuivre, l'argent, l'or et différents autres métaux. Quand on l'emploie pour les besoins de l'électro-métallurgie, il faut en former un sel soluble, dont l'acétate et le nitrate sont les plus remarquables. Si on emploie le nitrate de potasse et de plomb dans le récipient externe, et une dissolution de sel métallique de cuivre, par exemple, et le métal négatif dans le récipient interne, la réduction aura lieu. Il est inutile d'essayer de réduire un sulfate par ce sel, car le sulfate de plomb est complètement insoluble. Son chiffre équivalent est très-élevé, 104 de plomb étant égaux à 32 de zinc, ce qui est une contre-indication à son emploi. On ne pourrait s'en servir pour réduire un métal, particulièrement le

(1) Depuis que j'ai écrit ce qui précède, j'ai trouvé ce qui suit dans le journal : *le Chimiste* : Dans toutes mes expériences électrotypiques (dit M. Z. L. Rockline), j'ai » employé avec le plus grand succès la tôle ordinaire au lieu du zinc, pour former le » pôl positif; la première étant à meilleur marché que ce dernier. La différence doit » être surtout notable pour les grands moules, où il faudrait nécessairement employer » de grandes surfaces de zinc. Le fer sous forme de tiges cylindriques qu'on fabrique » en abondance, pourrait, si ces cylindres étaient coupés en longueur convenable, » remplacer avec avantage les lingots de zinc employés jusqu'ici dans les piles circu» laires constantes. Pour les électrotypistes, ce métal, sous quelque forme qu'on l'emploie, » sera un succédané économique du zinc. »

uivre, que si le nitrate de plomb, résultat de l'opération, devenait un produit de quelque valeur ; car s'il en était ainsi, on obtiendrait l'électricité pour rien, et les frais de l'électro-métallurgiste ne consisteraient que dans la valeur du poids du métal obtenu, plus les frais de l'opération préalable nécessaire pour le convertir en sel métallique. Le sulfate de fer et le sulfate de zinc produits dans les premiers cas, sont maintenant mis au rebut; mais comme dans beaucoup de manufactures de produits chimiques, le prix dépend de la valeur des produits, il serait à désirer que l'électro-métallurgiste, dans ses opérations, pût produire un sel qui eût de la valeur. Je consigne ici cette réflexion dans le but de provoquer des essais, car j'ai réduit du cuivre, du nitrate de cette base, à l'aide du plomb ; en sorte que si le nitrate de plomb qui se forme dans ce cas pouvait être réduit en carbonate, on produirait l'électricité comparativement à peu de frais : le plomb donne un courant électrique très-faible, c'est pourquoi il faut employer une large plaque de ce métal, et un tube poreux mince. Je ne connais pas d'exemple d'un cas où le plomb ait été employé dans l'industrie pour produire un courant galvanique.

On peut se servir de l'étain pour engendrer de l'électricité, car ce métal se dissout dans les acides chlorhydrique, sulfurique, acétique et oxalique, etc.; il n'a que peu de force, exige l'emploi d'une grande plaque et d'un tube poreux mince. Quand on en fait usage, on le met d'un côté avec de l'acide sulfurique étendu, et on met de l'autre côté le sel métallique qui doit être un sulfate. Il réduit plusieurs métaux; mais malheureusement il offre un chiffre de combinaison élevé, car il faut 2gr.90 de ce métal pour engendrer le même courant que produirait 1gr.60 de zinc. Quelques alliages d'étain et de zinc pourraient être employés dans l'appareil à simple cellule, si l'équivalent élevé et le prix de l'étain ne s'opposaient pas à leur emploi.

D'autres métaux pourraient être employés, dans certaines circonstances, comme métal positif pour engendrer le courant électrique : par exemple, le cuivre pour réduire le palladium, l'or et le platine; l'argent pour réduire l'or et le platine. Mais comme, probablement, les électro-métallurgistes ne s'en serviront jamais pour pôle positif, il est inutile d'en dire davantage. Cependant, il faut se souvenir toujours que, quel que soit le métal qu'on emploie comme pôle positif, il est nécessaire de se servir d'un liquide excitant tel, qu'un sel soluble puisse se former pendant que l'appareil fonctionne, et que ce dernier soit approvisionné d'une quantité

d'eau suffisante pour dissoudre ce sel à mesure de sa formation.

115. Dans tous ces cas, les métaux se précipitent sur le métal négatif d'une simple batterie. De même, quelle que soit la méthode qu'on emploie pour rendre une plaque négative, le métal s'y précipite également; par exemple, si une batterie suffisante pour décomposer de l'eau acidulée est construite avec deux pôles de platine, l'oxygène se rendra à un pôle, l'hydrogène à l'autre, et le métal sera précipité sur ce dernier. J'ai déjà dit qu'une cellule de la batterie de Grove, deux ou trois de celle de Daniell, ou bien la batterie qui m'est propre, peuvent toutes décomposer l'eau acidulée, entre des pôles de platine; mais à ce degré d'intensité seulement, il ne se dégage qu'une petite quantité de gaz. Quand on veut employer de faibles courants, les séries ci-dessus mentionnées peuvent être employées avec avantage.

116. Si on veut obtenir une grande intensité, mais une faible quantité de fluide, on peut faire usage d'un certain nombre de cellules, en amorçant la pile soit avec de l'eau simple ou acidulée à l'aide d'une seule goutte d'acide dans chaque cellule; l'oxygène, quand on emploie ce mode de réduction des métaux, se rend toujours au pôle positif, et l'acide qui est combiné avec le métal est mis en liberté, de sorte que la dissolution augmente graduellement en acidité. Dans la plupart des cas, cependant, comme on a pour but de précipiter une plus grande quantité de métal, il est important, pour parvenir à ce résultat, d'employer les plus petites séries, attendu qu'avec un appareil de batterie composée, les frais augmentent en raison du nombre de cellules employées.

117. Dans la plupart des cas, les appareils précédents ne sont point employés; mais lorsque l'argent ou tout autre métal ayant une grande affinité pour l'oxygène, doit être précipité de sa dissolution, on tire parti de cette affinité, et au lieu de faire usage d'une plaque de platine au pôle oxygène de la pile, il faut employer un fragment de métal de même nature que celui qu'on veut précipiter et qui remplit les mêmes fonctions que celles de la plaque positive ou zincode de l'auge (1). Comme la disposition du sel métallique laisse déposer incessamment le métal qui entre dans sa composition, le fragment de métal qui forme le pôle positif est dissous

(1) Voir à l'Appendice, § des *Anodes solubles*, les avantages qui résultent, dans tous les cas, de l'emploi d'un *anode soluble* de même métal que celui qui sert de base à la dissolution.

l'acide et l'oxygène qui tenaient en dissolution le métal éposé, et de cette manière le liquide est toujours maintenu ans un état de saturation : une seule batterie est alors bien uffisante, car il n'y a que peu de résistance à vaincre. Une érie d'auges à précipiter, disposée comme une batterie comosée, peut aussi être employée quelquefois avec une seule atterie. Une batterie suffit dans ce procédé, attendu qu'il a peu de résistance à vaincre.

118. Pour bien comprendre ceci, prenons un exemple : Je uppose qu'on veuille prendre une empreinte en cuivre ; une issolution d'un sel de ce métal doit être placée dans un ase convenable (B, fig. 24), et l'objet sur lequel le dépôt méallique doit s'effectuer (N) doit être mis en communication vec le zinc (Z) de la batterie (A), tandis qu'un fragment d'une euille de cuivre (P) est mis en communication avec l'argent S); aussitôt que l'action commence, l'eau est décomposée, 'oxygène passe au pôle cuivre, qui s'oxyde, tandis que l'hyrogène se rend au pôle négatif. Pendant que la décompoition a lieu, l'oxyde de cuivre passe au pôle négatif, et l'acide u pôle positif, l'hydrogène réduit l'oxyde du cuivre au pôle égatif, tandis que l'acide se combine avec l'oxyde de cuivre u pôle positif, et la saturation se continue.

Il n'est pas prouvé par la pratique, que tout l'acide passe u pôle positif, mais au contraire que la dissolution du sel nétallique occasionne, pour le moins, autant d'inconvéients (1).

Une série d'auges à précipiter, disposée comme une baterie composée, peut être employée dans quelques cas, avec ne seule batterie, Alors, il faudrait avoir dans la batterie ne cellule pour engendrer l'électricité, et 6, 8 ou 10 cellules décomposition. En conséquence, par suite des lois fondanentales auxquelles est soumis le fluide galvanique, il faurait avoir 6, 8 ou 10 équivalents de métal réduit pour un quivalent de zinc. Théoriquement, cet appareil surpasse tous es autres sous le rapport de l'économie. On ne l'a pas employé aussi souvent qu'il le mérite, spécialement pour la réduction des plaques de cuivre unies. On dispose la série galvanique en faisant alterner le métal à dissoudre (*c*, fig. 25) avec l'objet qui doit recevoir le précipité (*m*), le dernier modèle se trouvant en communication avec le zinc (*z*) de la batterie, et le dernier cuivre avec l'argent (*s*). Les plaques

(1) Nous avons déjà dit (numéro 99) que le professeur Daniell a donné une théorie différente de ces décompositions, quoique sous le point de vue pratique, les changements aient lieu de la manière que nous venons d'indiquer.

positives doivent être grandes, et le liquide doit être rendu aussi conducteur que possible, pour diminuer la résistance. Il est important, quand on se sert de cet appareil, que chaque plaque positive et négative ait à peu près la même étendue de surface et que la dissolution ait la même force, afin que les métaux de même espèce soient réduits dans chaque cellule.

119. L'appareil qu'on emploie comme auge à précipiter doit varier dans sa forme (rond, plat, carré), suivant la forme de l'objet qu'on veut copier; ses dimensions peuvent varier depuis la contenance d'une seule goutte de liquide jusqu'à celle du plus vaste réservoir qu'on remplirait, je suppose, d'une dissolution métallique au lieu d'eau; quant à la dissolution, elle diffère suivant le métal qu'on veut précipiter, et demande des détails particuliers; mais nous dirons, auparavant, quelques mots des matériaux les plus propres à la confection de l'auge. Le verre, sans doute, est préférable sous tous les rapports, n'étaient sa fragilité et l'élévation de son prix, ce qui le rend d'un usage moins général. Pour quelques dissolutions métalliques, il est absolument indispensable d'employer le verre, attendu que les vases construits avec une autre substance, sont plus ou moins attaqués par ces dissolutions. La suppression des droits sur le verre serait d'un grand avantage pour les chimistes, en leur permettant l'usage des récipients dont ils sont forcés de se priver. Certaines porcelaines, telles que celle de Wedgewood, etc., peuvent être employées utilement, cependant la porcelaine est encore trop chère; j'ai recours en général à la poterie commune. On sera sans doute étonné d'apprendre que la plupart des substances métalliques en dissolution, pénètrent à travers le vernis des vases de faïence, et vont suinter à leur surface extérieure. C'est cependant ce qui arrive, mais on peut empêcher cet accident en enduisant la surface intérieure de ces vases d'une couche de résine. Les vases en minerai de fer, de première qualité, sont considérés comme précieux pour l'électro-métallurgiste, lorsqu'ils sont bien vernis, à cause de leur longue durée. Un affineur m'en a montré quelques-uns, en très-bon état, quoiqu'ils lui eussent servi pendant 20 ans pour affiner l'or. Toutes les fois que des vaisseaux cylindriques seront nécessaires, l'électro-métallurgiste pourra les trouver tout faits, dans les grandes manufactures de poterie, ceux de cette forme étant très-employés pour y mettre des salaisons. Si on pouvait leur donner la forme d'une auge, leur application n'en serait que plus étendue. Mais les fabricants ont rejeté les vases de cette forme, parce qu'ils se déjettent en cuisant au four. Lors même qu'on se sert d'auges

le cette forme, avec le temps, le sel métallique pénètre dans eur tissu et le détruit. On emploie les vases en bois plus réquemment que ceux qui précèdent, parce qu'on peut leur lonner toute espèce de forme, et qu'on peut les rendre complètement imperméables, en les enduisant d'une couche du mélange suivant : cire 500 grammes, colophane 2 kil. 500, ocre rouge 500 grammes, et deux cuillerées à bouche de plâtre de Paris. Une auge en étain et surtout en plomb, remplira le but, mais son intérieur doit également être enduit du mélange précédent ou de résine. Les vases en plomb doivent être employés particulièrement quand le métal doit être réduit d'un sulfate de plomb. Un des avantages qu'offre la résine, c'est que le sel en dissolution n'a que fort peu de endance à s'y fixer en cristaux, ce qui, avec d'autres enduits, présente un inconvénient qu'il faut éviter, attendu que dans quelques cas, tout le sel d'une dissolution passe à l'extérieur du récipient, et en recouvre la surface de cristaux. On a employé aussi les auges en ardoise; il faut toujours les revêtir d'une couche de résine pour s'opposer à l'absorption du liquide, qui, sans cette précaution, pénétrait dans sa substance, s'y cristalliserait et la détruirait en séparant les couches dont elle est composée. Les côtés en sont réunis par des cercles de cuivre, mais les auges en ardoise devraient être rarement employées, attendu qu'elles ne durent pas plus d'un an.

Des auges d'une structure particulière ont été employées par mon ami, M. Terry. Il prend deux boîtes, dont l'une est un peu plus petite que l'autre, en sorte que quand on les met l'une dans l'autre elles se trouvent séparées par un intervalle qui est à peine de 3 centimètres ; cet intervalle est comblé par de la résine fondue et les parois de la boîte interne sont revêtues d'une couche de la même substance. M. Terry trouve que les auges ainsi faites, sont admirablement adaptées à l'usage qu'on en veut faire, et je crois qu'on peut y recourir dans certains cas.

Dans ces dernières années, une substance nommée gutta-percha, et dont la valeur est inappréciable, a été introduite en Europe. Elle jouit de presque toutes les propriétés du caoutchouc, mais n'offre pas la même extensibilité. Elle peut supporter des températures modérées, et l'action des acides et des alcalis, s'ils ne sont pas trop concentrés. Elle résiste à l'humidité, et on peut en souder les morceaux avec facilité, à l'aide d'une chaleur et d'une pression modérées. Ces rares qualités la font estimer et rechercher par les électro-métallurgistes, pour revêtir l'intérieur des auges, qui, ainsi pré-

parées, sont préférables à toutes les autres. J'ai vu des auges semblables qui duraient depuis 2 ou 3 ans et qui étaient aussi bon état que si elles avaient été neuves. En somme, gutta-percha sera dans l'avenir l'ancre de salut des électro-métallurgistes.

Pour produire des objets de grande dimension on se sert de la pile galvanique et de l'auge à précipiter, et ce choix est justifié par plusieurs raisons. D'abord, on peut régler la quantité d'électricité d'après la force de la dissolution, beaucoup mieux que par toute autre méthode; secondement, l'expérimentateur peut maintenir la dissolution à un degré de force presque uniforme, et enfin, l'opération est souvent moins dispendieuse. En effet, on fait marcher de front trois opérations, car, non-seulement on engendre de l'électricité, et on réduit le métal sous la forme désirée, mais on prépare en même temps le sulfate de cuivre ou tout autre sel. Réduire le cuivre métallique des cristaux du vitriol bleu et l'argent de la pierre infernale, pourra paraître une chose surprenante aux personnes peu versées dans la chimie; il n'y a rien là, cependant, qui ressemble à l'alchimie, car on ne fait qu'obtenir de nouveau le métal qu'on avait primitivement réduit à l'état de sel, et quelquefois il faut payer avec usure cette métamorphose. On évite tous ces frais en faisant jouer à la batterie le rôle de fabricant, et à l'auge celui de laboratoire; car en se servant d'une certaine quantité de sel métallique dans le premier cas, le métal, pendant que la batterie fonctionne, est réduit, et l'acide se combine avec une autre portion de métal, en sorte que l'acide contenu dans quelques grammes de sel métallique, peut être employé indéfiniment, attendu qu'il n'y a pas de limite à la quantité de métal qui peut successivement s'y combiner.

La batterie galvanique et l'auge à précipiter ne doivent pas nécessairement être accolées ensemble comme les jumeaux Siamois. Elles peuvent être séparées l'une de l'autre par n'importe quelle distance, pourvu que les fils conducteurs n'offrent aucune résistance au passage du fluide; c'est pourquoi quand on les sépare par un intervalle quelconque, on doit se servir de tiges conductrices en cuivre, ce dernier métal étant un bon conducteur, et avoir soin de se servir de tiges épaisses au lieu de simples fils. Quelques personnes placent les batteries dans une chambre et les auges dans une autre. Dans la première chambre doivent se trouver toutes les choses nécessaires au maniement des batteries galvaniques, telles que le zinc, l'acide, le mercure, les fils conducteurs, etc.; dans l'autre chambre, on doit placer méthodiquement tout

ce qui est nécessaire à l'électro-métallurgiste. Si les opérations étaient conduites sur une grande échelle, et si une grande variété de métaux devaient être réduits, alors le fabricant agirait sagement en ayant une pièce séparée pour chaque métal différent. Mon imagination me représente une vaste manufacture de produits électro-métallurgiques, offrant une pièce centrale pour y disposer les batteries, et entourée de tous côtés de chambres dans chacune desquelles un métal différent se déposerait.

120. Une autre forme d'appareil peut quelquefois être employée d'une manière avantageuse, quand on veut obtenir une grande intensité capable de vaincre tous les obstacles, et qu'on ne veut pas subvenir aux frais d'une grande série. C'est l'adjonction de l'appareil simple à la batterie. On met dans la cellule à décomposition un tube poreux contenant l'acide et le zinc, et dans le vase extérieur on verse la dissolution qu'on veut décomposer; le zinc doit être mis en communication avec l'argent de la batterie, et avec le métal négatif dans la cellule à décomposition, le circuit se trouve ainsi complété. Il est évident que cet appareil augmente l'intensité du courant, car en employant le zinc comme pôle positif de la cellule à décomposition, il y a peu d'obstacles offerts au passage du courant.

121. Il y a un autre moyen de précipiter les métaux à peu de frais, quoique dans ce cas il faille y consacrer beaucoup de temps. Je veux parler de l'appareil de Daniell; mais au lieu de faire communiquer immédiatement le zinc et le métal négatif, j'en forme une batterie qui doit communiquer avec une autre cellule à décomposition, dans laquelle je mets un second morceau de métal qui joue le rôle de pôle négatif, et j'emploie comme pôle positif un morceau de cuivre. Le métal communique avec le zinc de la première cellule, et le cuivre communique à son tour avec le métal. De cette manière, avec 500 grammes de zinc, j'obtiens 1 kilogramme de cuivre. Cependant l'emploi de la seconde cellule présente des obstacles qu'on peut vaincre en se servant, dans la première cellule, d'un tube poreux de fort petit diamètre. Cet appareil extrêmement ingénieux a été imaginé par M. Mason, mais son usage s'est peu répandu, parce qu'il n'est pas suffisamment connu.

122. Les dispositions nécessaires pour obtenir la précipitation des métaux doivent être réglées non-seulement sur la connaissance approfondie des moyens propres à produire la quantité et l'intensité du courant, mais encore sur leur application intelligente. L'intensité, comme nous le verrons plus

loin, n'exerce pas une aussi grande influence sur les résultats que celle qui provient de la quantité du fluide électrique; mais, dans la plupart des cas, l'intensité doit être plutôt grande que petite. En ce qui concerne l'électrotypie, cette intensité peut être augmentée de trois manières : 1° en multipliant le nombre des séries; 2° en employant des liquides suffisamment acidulés; 3° et enfin, ce qui est beaucoup plus convenable, en mettant le liquide de la cellule à décomposition dans les conditions les plus favorables au passage du courant. La quantité de ce dernier peut être accrue en augmentant le volume des plaques négatives des piles; en augmentant la concentration de la dissolution acide; en employant un pôle positif plus grand dans la cuve à décomposition; ou enfin en diminuant la distance qui existe entre cette dernière et la plaque négative. Chacun de ces moyens, séparément, suffit pour régler la quantité du courant électrique.

123. Pour mesurer la quantité exacte du courant électrique, on doit employer un galvanomètre, surtout pour les faibles courants; mais si on emploie l'appareil qui m'est propre, l'opérateur peut juger assez exactement de la quantité du courant électrique, d'après le dégagement d'hydrogène qui a lieu au pôle négatif.

Tous les instruments sont des causes d'embarras et d'ennuis pour le praticien; cependant celui qui emploie ma batterie n'a besoin d'autres témoignages que ceux que l'hydrogène fournit à sa vue et à son oreille.

124. La position dans laquelle on place la substance sur laquelle le dépôt métallique doit avoir lieu, produit dans certains cas, sur ce dépôt, un phénomène singulier; en effet, si on place cette substance verticalement dans l'appareil, et surtout si sa partie supérieure est suspendue sur la partie inférieure de la plaque, il se formera une série de lignes qui présenteront, dans quelques cas, des cavités de plusieurs millimètres de profondeur. La cause de ce phénomène peut être facilement expliquée : en effet, si on surveille l'opération pendant que la batterie fonctionne avec activité, on verra alors qu'à mesure que l'hydrogène réduit le métal de la dissolution, cette dernière devient incolore et plus légère que les parties du liquide environnantes. Cette partie incolore s'élève alors et produit un courant qui change de direction à chaque ascension ou à chaque obstacle. Ce courant s'étant ainsi formé une sorte de canal, augmente jusqu'à ce que les lignes aient acquis la profondeur indiquée. Cette circonstance nuit à l'épaisseur uniforme du dépôt, et ôte à la plaque de sa valeur. On peut, jusqu'à un certain point, obvier à cet inconvénient

i inclinant légèrement la plaque, on, ce qui vaut mieux, i lui donnant une position horizontale. Ces lignes ne se ontrent pas quand le dépôt se fait très-lentement (1), et l'on se sert d'une dissolution métallique concentrée, car ors la partie du liquide la plus légère se mêle immédiatement à la plus dense.

Quand on se livre aux manipulations électro-métallurgies, il faut avoir présent à la mémoire que, dans toute dislution d'un sel, les parties les plus pesantes se précipitent fond du liquide, en sorte que là la dissolution est saturée, ndis qu'à la partie supérieure la dissolution contient peu sel métallique. Cette particularité est bien plus remarable lorsque le sel se forme dans le liquide. Ainsi, dans us les cas où l'on dissout un métal, on ne devrait jamais placer au fond de la dissolution, car le sel ne peut point élever à la partie supérieure du liquide, mais se cristallisera r la plaque métallique, et l'enveloppera complètement. Si i contraire, on le place à la partie supérieure de la dissoluon, le sel nouvellement formé se répandra avec plus d'unirmité dans toutes les parties du liquide, ce qui est d'une aute importance dans presque toutes les opérations. Ces its prouvent que l'appareil à décomposition horizontal est plus rationnel; car là, le métal qui se dépose sur la plane négative, par la décomposition du sel, de la partie la lus déclive de la dissolution, est immédiatement remplacé ir une nouvelle quantité de sel provenant de l'action sur pôle positif, et de cette manière le liquide le plus rapproé de la plaque négative est toujours maintenu à peu près i même degré de saturation. Dans la pratique, pourtant, ppareil horizontal offre quelques inconvénients qui nuisent l'extension de son emploi; car, dans cet appareil, le mole ne peut pas être si facilement immergé dans le liquide retiré aussi promptement de l'auge. Si on renverse la potion respective des pôles, le positif étant placé au fond du cipient, des cristaux de sel métallique l'auront bientôt re-

(1) On n'a pas encore donné une explication satisfaisante du phénomène des stries rales qui se forment sur le métal pendant sa réduction; et quoiqu'il semble que ries soient plus disposées à se former sous l'influence d'un courant énergique, on n'est pas pour cela exempt lorsqu'on emploie un courant faible. Nous devons donc e que, dans l'état actuel de la science, les causes qui donnent lieu à ces inégalités, t encore inconnues, et, par une conséquence nécessaire, il n'est pas possible d'inper les moyens qui s'opposent à leur formation. M. Gerlach est, jusqu'à présent, ui qui a essayé la meilleure explication du phénomène des raies. Nous renvoyons le lecteur à l'article publié par ce savant, dans le journal *le Technologiste*.

couvert, et finiront bientôt par arrêter l'opération. Tandis que le pôle négatif se trouvera environné par un liquide contenant peu ou point de sel métallique, et il se formera un dépôt de métal spongieux. J'insiste sur ces particularités, parce que l'un des hommes les plus expérimentés de la Grande-Bretagne, dans ce genre de travaux, a conseillé par inadvertance, de placer le pôle positif à la partie inférieure de l'appareil sans avoir, sans doute, reconnu par l'expérience les inconvénients produits par cette position.

Lorsque j'ai fait les expériences nécessitées par la rédaction de ma première édition, et qui me portèrent à conseiller l'emploi de l'appareil horizontal dans un certain nombre de cas, je remarquai que quelques métaux ne pouvaient pas être réduits autrement, par suite d'une distribution imparfaite du sel. Par l'emploi de l'appareil horizontal (B, fig. 27), en plaçant le pôle positif (C) ou métal à dissoudre, au-dessus du pôle négatif, ou pôle qui doit recevoir le dépôt (P), on a pour but de produire cette distribution uniforme, on ne doit donc y avoir recours que quand on ne peut pas atteindre autrement ce but. Il faut quelquefois filtrer la dissolution quand on emploie cet appareil, pour enlever tous les corps étrangers qui pourraient s'y trouver, et il faut que le pôle positif soit parfaitement nettoyé.

M. De La Rue, dans le but de maintenir la dissolution métallique toujours au même degré de force, se servait, pour atteindre ce but, d'un vaste appareil où la circulation du liquide avait lieu. Il fixait un grand réservoir au plafond de son laboratoire, et un autre au plancher. Le réservoir supérieur était rempli de la dissolution métallique, qui pouvait facilement se rendre dans le réservoir inférieur, d'où elle pouvait se rendre de nouveau au réservoir supérieur. C'était là le moyen le plus simple et le plus rationnel de vaincre la diffusion imparfaite du sel, mais il avait pour résultat de produire sur le métal négatif des lignes circulaires si étranges, et le dépôt métallique en était si défiguré, qu'on fut obligé d'abandonner cet appareil. Cette expérience est pleine d'intérêt, car elle montre que l'idée la plus sage et la plus logique dans son principe, peut échouer dans l'application par l'intervention et l'influence de quelque phénomène nouveau qu'il était impossible de prévoir. Aujourd'hui les électro-métallurgistes agitent la dissolution pour provoquer une distribution convenable du sel métallique, ce qui suffit dans beaucoup de cas.

125. Le nouveau dépôt métallique peut quelquefois être enlevé avec la plus grande facilité ; dans d'autres cas, il

adhère si fortement à l'original, qu'il ne forme plus qu'un seul corps avec lui, et qu'on ne peut parvenir à les séparer; suivant les cas, il est nécessaire d'obtenir l'adhérence ou la non-adhérence de la copie à l'original, et quoique jusqu'ici ces résultats n'aient été que trop souvent l'effet du hasard, il est cependant de la plus haute importance de pouvoir produire l'un ou l'autre à volonté.

126. L'adhérence et la non-adhérence dépendent de deux choses, savoir : 1° de la couche d'air qui s'attache à la surface des métaux; 2° de la possibilité où se trouve cette couche d'air de se transformer en pôle, et d'en remplir le rôle (35). Ces propriétés ont été examinées avec soin dans le Ier Livre, mais ici je dois indiquer leur application pratique.

Si un fragment de métal poli est plongé dans l'eau, il ne sera point mouillé, et c'est précisément dans cet état qu'on doit l'employer, quand on ne veut pas que le dépôt y adhère.

Pour tirer parti de cette propriété, il faut plonger la plaque dans la dissolution et compléter immédiatement le circuit. L'air paraît jouer, dans ce cas, le rôle de pôle, et établir une séparation entre l'original et la copie. Il est inutile d'ajouter que la plaque ne doit être ni chauffée, ni frottée avec de la potasse ou de l'acide nitrique avant son immersion; surtout, elle ne doit pas rester un seul instant dans la dissolution acide avant que le circuit ne soit établi (1).

Quelquefois, une ou plusieurs de ces précautions ayant été négligées, on voit survenir une adhérence partielle. S'il arrivait que cette adhérence eût lieu, on pourrait laisser la copie pendant 24 heures dans un lieu frais, jusqu'à ce qu'elle ait repris sa couche d'air.

Les métaux ne présentent rien de particulier sous le rapport de leur affinité pour l'air, car presque tous les corps qui sont en contact avec ce fluide s'en revêtent. Le papier, quoiqu'il ait une grande affinité pour l'eau, en offre une aussi grande pour l'air. Ainsi, lorsqu'on veut en humecter une grande quantité pour les besoins de la typographie, l'air devient un grand obstacle à cette opération. A l'aide de la machine introduite à la banque d'Angleterre et d'Irlande, par

(1) Les causes de l'adhérence de la copie au modèle ont été étudiées dès l'origine de la galvanoplastie, et quoique les moyens proposés par M. Smee, pour prévenir cette adhérence, soient en général suffisants, nous croyons qu'on doit encore leur préférer les procédés usités par M. Jacobi, et qui consistent à passer sur l'original une couche très-légère d'une substance grasse, telle que l'huile, la cire, la stéarine, le suif, etc., que l'on enlève ensuite le plus possible en essuyant avec un linge fin.

feu M. Oldham, le papier qui sert à l'impression des billets de banque est plongé dans un récipient qui communique avec une machine pneumatique, à l'aide de laquelle on produit le vide. L'eau s'y précipite, et, dans quelques minutes, on peut humecter ainsi complétement un million de feuilles de papier. On avait eu jusque-là l'habitude de faire passer ces feuilles sous des rouleaux, pour leur enlever l'excès d'air qu'elles contiennent; on voit qu'on peut s'épargner beaucoup de travail par la simple application d'une notion chimique. On applique les mêmes principes dans la préparation du bois de construction de Kyanising; ici on pompe d'abord l'air contenu dans les bois, puis on fait pénétrer une dissolution de sublimé corrosif dans l'intérieur de son tissu, en même temps qu'on rétablit l'accès de l'air.

La non-adhérence des métaux ne dépend pas toujours de l'adhérence de l'air; quelquefois, cette non-adhérence provient d'une légère couche d'oxyde, d'une couche de sulfure, ou d'un corps gras. J'ai sous les yeux un fil, qui est revêtu de plusieurs couches distinctes de métal réduit, phénomène qui provient de ce que je l'ai retiré plusieurs fois de la dissolution, pour le faire sécher avant de l'y replonger de nouveau. Les plaques de cuivre, obtenues par la réduction, offrent quelquefois cet inconvénient, c'est-à-dire plusieurs couches successives provenant de la même cause.

127. Quand on veut tirer parti de la propriété opposée, en d'autres termes, quand on veut faire adhérer le dépôt sur l'original, on suit une marche contraire : ainsi, on chauffe le métal et on le plonge dans l'eau, ou bien on le frotte avec une dissolution de potasse caustique ou avec de l'acide nitrique étendu, puis on l'immerge dans la dissolution; car, alors, la surface étant parfaitement nettoyée, le dépôt se fait sur le métal lui même, et non point sur une couche d'air ou d'oxyde intermédiaire. Ce dépôt, dans ce cas, adhère si fortement à l'original, qu'on ne peut plus les séparer l'un de l'autre, comme ont pu le constater ceux qui, ignorant ces faits, ont plongé des plaques de cuivre d'une grande valeur dans des dissolutions acides, et les ont, en quelque sorte, ensevelies dans une masse de cuivre dont ils n'ont pas pu les détacher. Celui qui s'adonne à l'électro-métallurgie ne peut réussir dans ses opérations qu'à la condition, non-seulement de connaître ces règles, mais encore de les mettre en pratique.

Les observations que nous venons de faire sur l'adhérence d'une couche d'air à la surface des métaux, quand on y expose ces derniers quelques instants, s'appliquent à d'autres

cas que les opérations électro-métallurgiques. Ainsi, lorsqu'on soumet les plaques de daguerréotype à l'action de la chaleur, avant de les exposer à la vapeur de l'iode, on agit dans le but de chasser la couche d'air qui les revêt, et je pense que les moyens que j'ai indiqués, pour nettoyer et décaper les plaques électro-métallurgiques, produiraient le même effet.

128. L'adhérence d'une plaque métallique à une autre plaque également en métal, ne doit pas être confondue avec les adhérences apparentes de la copie à l'original, provenant de ce que le cuivre s'étale au-delà des bords de ce dernier, et l'embrasse fortement. On peut remédier à ce petit inconvénient en enduisant les bords du modèle, qui doit recevoir le dépôt métallique, avec de la gomme laque ou de la graisse, ce qui empêche le dépôt d'y adhérer; il faut alors un temps considérable pour que les côtés soient recouverts par l'accroissement latéral.

129. L'accroissement latéral de la plaque est une propriété d'une grande importance ; car, si une particule de substance non conductrice est placée sur un métal, elle sera couverte par le dépôt; cet accroissement latéral ou diffusion de l'électricité sur une grande surface, diffère dans chaque métal, bien plus, dans chaque sel du même métal. De cette manière, les dessins faits sur cuivre avec des vernis peuvent être reproduits. Si on veut copier une substance non conductrice à l'aide d'une légère couche de substance conductrice, une solution de continuité dans cette dernière n'empêchera pas d'obtenir une plaque parfaite; pour les mêmes raisons, il faut avoir soin qu'il n'adhère pas de bulles de gaz ou d'air à la plaque, car ces bulles se couvriraient d'une couche métallique et produiraient des inégalités sur la copie. On croira difficilement, au premier abord, qu'une bulle d'air puisse se recouvrir d'une couche de métal, tant la chose semble extraordinaire : c'est pourtant là un fait avéré, et il est même plus difficile d'éviter ce résultat que de l'obtenir (1).

Celui qui désire se livrer à l'électro-métallurgie, comme profession, doit examiner avec soin les dépenses relatives qu'exigent les matières premières indispensables à l'exercice de cette industrie. En négligeant ce point important, des expérimentateurs ont pris des brevets et fait de grandes dé-

(1) L'enveloppement d'une bulle d'air sous une couche de métal n'a rien qui doive surprendre; c'est un fait très-commun dans les arts, et les évents ou soufflures qui se rencontrent dans presque toutes les pièces de fonte, de fer ou de cuivre, ne sont pas dus à une autre cause.

penses pour mettre en œuvre les métaux à l'aide du fluide voltaïque, tandis que leur but pouvait être atteint par les procédés ordinaires, avec moitié moins de peine et de frais, six fois moins de temps, et tout aussi bien que par l'emploi du courant galvanique.

Pour estimer les frais qu'entraine la mise en œuvre des métaux par le fluide voltaïque, il est nécessaire de ranger les procédés en plusieurs catégories : la simple cellule, la batterie, l'appareil de batterie composée (dans lequel on se sert du zinc laminé), la batterie de débris qui est applicable au minerai de zinc, l'appareil composé à décomposition, l'appareil de Mason, l'appareil à simple cellule en fer, l'appareil à simple cellule en étain, etc.

Un équivalent de puissance (n° 87) peut être obtenu à l'aide de la simple cellule, par la dissolution de 1gr.60 de zinc. Et puisque 400 grammes de ce métal laminé coûtent près de 7 pences (70 centimes), un équivalent de zinc en chiffre rond reviendrait à 1/30 de décime. Il faut tenir compte aussi de la perte du zinc non employé, de la destruction des tubes poreux, du prix d'achat des excitants salins, ce qui fait monter le chiffre à 1/20 de décime.

Avec la simple batterie, pourvu qu'elle soit construite d'après mes principes, l'équivalent de puissance coûterait à peu près la même somme et même moins. Dans ce cas, ce serait le zinc (de même que dans l'appareil à simple cellule), plus l'acide, plus la perte de zinc résultant de l'action locale, plus la différence du prix entre le zinc laminé et les rognures de ce métal, qui résultent de l'opération (n° 52), c'est-à-dire, en bloc, 1/20 de décime. Si on employait la batterie à action constante, le coût s'élèverait d'une et demie à deux fois cette somme, en faisant la part de la valeur du cuivre réduit. L'application des piles à acide nitrique, aux besoins de l'électro-métallurgie, porterait ces frais au triple, en élevant le chiffre à 1/7 de décime pour le même équivalent de puissance. La dépense qu'entraînerait la production d'une puissance, engendrée par une batterie composée, serait la même que celle d'une batterie simple, 1/20 de décime, multiplié par le nombre de cellules; en sorte que, si on employait 20 cellules, l'équivalent reviendrait à $1/20 \times 20 = 1$ décime.

Par l'emploi des rognures de zinc, dans une batterie, on diminue la dépense d'environ la moitié, soit 1/40 de décime, parce que les rognures sont à meilleur marché que le zinc laminé, à cause de la difficulté du laminage, et parce qu'il y a là peu d'action locale, et pas de résidu de métal non dissous, comme perte.

L'appareil composé à décomposition est l'opposé de l'appareil de batterie composé; car, l'équivalent de puissance, comme on l'obtient d'une simple batterie, doit être divisé par le nombre d'auges à décomposition. Ainsi, si l'on a 20 cellules, la dépense serait : ($^1/_{20}$ ÷ 20) $^1/_{400}$ de décime pour chaque auge.

Le fer, pour donner un équivalent de puissance, doit perdre 1gr.40, chiffre de son équivalent ; c'est pourquoi, comme 400 grammes de fer manufacturé valent de 1 à 2 décimes, ce métal reviendrait à $^1/_{75}$ de décime, en faisant la part de la perte et du coût du liquide excitant.

L'équivalent de puissance, si on l'obtient par l'intermédiaire de l'étain, dont 2gr.90 se trouveraient dissous, coûterait, en faisant la part des pertes, du liquide excitant, etc., $^1/_{10}$ de décime, en supposant que l'étain vaille 90 centimes les 500 grammes.

D'après les considérations qui précèdent, nous établirons la table suivante, qui montrera le coût brut des matières propres à produire un équivalent de puissance dans certains cas ; nous supposons qu'on ne peut tirer aucun parti du sel de zinc, de fer ou d'étain.

Simple cellule à zinc. . . .	$^1/_{20}$	de décime.
— cellule à fer.	$^1/_{75}$	—
— cellule à étain. . . .	$^1/_{10}$	—
Batterie de Smee.	$^1/_{20}$	—
— de Daniell.	$^1/_{10}$	—
— de Grove.	$^1/_{7}$	—
— de rognures.	$^1/_{40}$	—
— composée.	$^1/_{20}$	multiplié par le nombre de cellules.
Auge composée.	$^1/_{20}$	multiplié par le nombre d'auges.

Par cette table on a déjà une donnée importante touchant les frais à faire ; car si on veut connaître le coût de la réduction d'un métal par un de ses sels, on établit son chiffre équivalent (n° 87), ensuite la valeur de cette quantité, et enfin en ajoutant ce coût à celui de la puissance, on arrive à la valeur brute des matières pour cet équivalent. Après s'être assuré de la valeur du nombre de centigrammes correspondant au nombre équivalent d'une seule proportion, on connaît les prix de 400 grammes.

Supposons, par exemple, qu'on veuille savoir le coût de la réduction du cuivre de son sulfate, on trouve que l'équivalent de ce sel est 125, qui, à 4 décimes pour 400 grammes,

s'élèverait à 400 :: 4 :: 125 : $^1/_{14}$ de décime, on ajoute ce nombre à celui qui accompagne le procédé particulier indiqué dans la table, ce qui porterait l'équivalent de cuivre, ou 1gr.60 réduits par l'appareil d'une cellule, à environ $^1/_8$ de décime ($^1/_{14}+^1/_{20}=^1/_8$) ; ensuite, pour établir le prix de 500 grammes, dissous : 32 équivalent du cuivre est à $^1/_8$ de décime comme 400 grammes sont à 2fr.70. Du côté du pôle négatif, il faut ajouter une certaine perte de matériaux ; il se dépose sur les bords une plus grande quantité de métal qu'on ne le désire, et en outre un peu de cuivre reste dans la dissolution épuisée, mais il est impossible d'en donner une estimation exacte.

Tels sont les prix des matériaux quand on emploie une batterie à une seule cellule ; pour les mettre sous forme d'équation, C le coût = (*e*), valeur d'un équivalent de puissance, + (*s*) le coût d'un équivalent du sel métallique.

$$C=e+s.$$

Pour établir le coût des matériaux dans un appareil à batterie, l'équation différerait : C le coût $=e$, valeur de l'équivalent de puissance + *m*, le prix d'un équivalent de métal laminé, propre à construire le pôle positif, ajoutons une perte pour les impuretés contenues dans le métal, la perte par les résidus, et le coût du renouvellement de la dissolution métallique, qui peut devenir nécessaire.

$$C=e+m.$$

Prenons pour exemple la précipitation du cuivre dans l'appareil à simple batterie : $C=e\,^1/_{20}$ de décime + *m*, avec une petite perte $^1/_{18}=$environ $^1/_9$ pour 1gr.60 de métal réduit. Dans ce cas, le cuivre en feuilles est estimé à 1fr.20 les 500 grammes.

Quoique chacun doive calculer pour son propre compte, avant de se risquer dans une grande opération, cependant je crois devoir joindre ici, comme un guide imparfait, pour les électro-métallurgistes, un autre tableau synoptique où l'on trouvera le prix de revient du cuivre réduit de son sulfate, à l'aide de l'une des méthodes détaillées ci-dessus.

	Par équivalent.				
Appareil à 1 cellule à zinc. . .	$^1/_8$	de décime,	2 f.	70	la livre
— *idem*, à fer.	$^1/_{12}$	—	1	60	—
— *idem*, à étain, environ. .	$^1/_6$	—	3	60	—
Simple batterie.	$^1/_8$	—	2	70	—
Batterie de Daniell.	$^1/_6$	—	3	60	—

	Par équivalent.			
atterie de Grove.	1/8	—	4 30	—
— de regnures.	1/10	—	1 20	—
— de 10 cellules.	4/7	—	12 50	—
age composée à 10 cellules.	1/13	—	1 70	—
Disposition de Mason :				
re cellule.	1/9	—	2 70	—
e cellule.	1/14	—	1 50	—

Outre ces frais obligés, il faut encore calculer ceux qu'en-raîne le métal négatif, ou les modèles sur lesquels le métal e réduit, le temps qu'il faut employer pour faire fonction-er l'appareil, le loyer du laboratoire, et mille autres choses u'on ne peut faire entrer ici en ligne de compte, parce u'elles varient suivant les cas. Nous examinerons tout cela uand nous donnerons la description des différents procédés. es équations qui précèdent, montrent d'une manière évi-ente que l'électro-métallurgie est surtout avantageuse, quand valeur du métal est élevée et que son équivalent est d'un hiffre supérieur : ainsi, s'il s'agit de l'or, on trouve que l'é-uivalent de puissance n'est rien en comparaison de la valeur u métal, car on peut réduire 10 grammes d'or pour 1/20 de écime, tandis que le métal réduit vaut une cinquantaine de ancs. Pour le même prix de 1/20 de décime, on n'obtien-rait que 1gr.60 de cuivre; mais si on voulait obtenir de hydrogène, on n'en produirait que 5 centigrammes pour la ième somme. La connaissance de ce fait empêcherait d'em-loyer le courant galvanique pour la fabrication du gaz d'é-airage, car d'après le calcul on trouverait que le coût des atériaux serait d'environ 187 francs pour 333 mètres cubes, ndis que les compagnies du gaz en fournissent la même uantité pour 4fr.80. Si l'équivalent d'hydrogène avait été e 200, le coût de sa production aurait été seulement de 90 ntimes, ce qui aurait permis de convertir les compagnies a gaz de houille, en compagnies du gaz galvanique, et à ide de ce gaz on aurait pu se procurer une si grande quan-té de puissance galvanique pour les besoins de l'électro-étallurgie, que tous les autres procédés de mise en œuvre es métaux auraient été abandonnés complètement.

Nous avons la certitude que le zinc et les autres métaux e servent point à établir les courants voltaïques dans les orps animés, et nous avons tout lieu de croire que l'hydro-ène et le carbone sont les substances que la nature emploie ns ce but. Les équivalents de ces éléments étant dans le pport de 1 à 6, il est évident que dans un but économique

ils devraient être seuls employés pour former le pôle positif de la batterie. J'ai souvent cherché à faire fonctionner une pile par l'hydrogène carboné ordinaire, mais jusqu'ici j'ai toujours échoué dans mes tentatives. La supériorité d'une machine à vapeur sur les appareils électriques, dépend du prix du charbon comparé à celui du zinc; et si jamais les physiciens font la découverte d'une bonne batterie à carbone, alors la machine à vapeur sera délaissée, les compagnies du gaz cesseront leurs travaux, et une révolution complète aura lieu dans toutes les forces physiques employées par l'homme.

CHAPITRE II.

Des substances capables de recevoir le dépôt métallique.

Substances sur lesquelles le dépôt métallique peut avoir lieu, 130-131. —Métaux, 132 à 136.—Substances non conductrices : cire à cacheter, cire blanche, 136 à 139.— Substances non conductrices absorbantes; papier, plâtre. — Manière de les rendre absorbantes, 139 à 141. — Gutta-percha, 141. — Moyen de copier les substances non conductrices, par les métaux, par la plombagine, 143 à 145. — Comparaison des différentes méthodes, 145.

130. Le dépôt métallique produit par le courant voltaïque peut avoir lieu sur n'importe quelle substance conductrice capable de jouer dans l'appareil le rôle de métal négatif. Les lois qui président à la formation de ce dépôt sont les mêmes que celles qui régissent les éléments de la pile. Le dépôt peut s'effectuer sur presque tous les métaux (excepté toutefois les métaux terreux et alcalins), ou n'importe sur lequel de leurs alliages ou composés. Ce dépôt peut également se produire sur le charbon ou la plombagine. Quand on fait usage de métaux pour les revêtir de ce dépôt, l'effet devient manifeste, car la disposition de l'appareil ne diffère en rien de celle de la pile de Daniell.

131. Quand on veut que la surface et la forme de la copie représentent fidèlement celles de l'original, il est de la plus haute importance que le métal sur lequel doit avoir lieu le dépôt ne puisse pas décomposer lui-même la dissolution, ce qui aurait pour résultat d'altérer plus ou moins le moule et par suite la copie. Ainsi, le zinc, l'étain, le plomb et le fer mis dans du sulfate de cuivre, précipitent immédiatement ce dernier de sa dissolution; mais les métaux sus-indiqués

ont eux-mêmes dissous dans une proportion exactément emblable à la quantité du cuivre réduit ; une dissolution de e dernier métal altère la surface de la copie et nuit à sa perection. On peut obvier à cet inconvénient, jusqu'à un cerain point, en ayant soin d'établir le courant au *moment récis* où on plonge le métal dans le liquide ; cette manière l'agir est considérée par plusieurs auteurs comme propre détruire l'affinité élective, comme ils la nomment, c'est-à-dire l'action spontanée du métal sur le fluide. Mais je puis affirmer d'une manière positive qu'aucune batterie, fût-elle à grande série, n'empêchera pas la dissolution des métaux les plus oxydables, et la réduction de ceux qui le sont le moins, parce qu'il est impossible de protéger un métal par la tendance négative, quand l'hydrogène se trouve dans des conditions propres à favoriser son absorption.

Par conséquent, les métaux dont on peut se servir avec avantage pour recevoir le dépôt, sont ceux qui ne sont pas attaqués par le liquide dans lequel on les immerge. Cependant on peut, dans quelques cas, se servir de ceux qui se laissent attaquer légèrement par ce liquide. On peut en dire autant des corps non métalliques, quand ils sont revêtus d'une couche mince de substance conductrice ; car il est important, si l'on veut obtenir une copie exacte d'un objet quelconque, que cet objet ne soit point décomposé par le liquide dans lequel on le plonge ; il faut, au contraire, qu'il conserve toute son intégrité pendant tout le temps de son immersion. Voici une courte liste des substances dont on peut se servir pour recevoir le dépôt métallique :

Corps métalliques.

Carbone.	dans toutes les dissolutions métalliques, acides, neutres ou alcalines.
Platine.	idem.
Or.	idem.
Palladium.	idem.
Argent.	dans toutes les dissolutions alcalines, salines et acides, excepté les précédentes.
Cuivre.	idem.
Plomb.	idem.
Bismuth.	idem.
Antimoine.	idem.
Étain.	idem.
Fer.	idem.
Zinc.	dans quelques alcalis.

Corps non métalliques.

Gutta-percha. . . .	dans toutes les dissolutions salines ou acides.
Cire à cacheter. . . .	dissolutions salines, mais non alcalines.
Cire blanche.	idem.
Cire et résine. . . .	idem.
Stéarine.	idem.
Spermaceti.	idem.
Plâtre préparé. . . .	idem.
Quelques substances animales.	idem.
La plupart des substances végétales.	idem.

Par le tableau qui précède, on voit que certaines substances peuvent être plongées impunément dans une dissolution qui ne manquerait pas d'en détruire d'autres. Il est donc important, quand on possède un objet susceptible d'être attaqué par la dissolution, d'en pouvoir tirer une copie sans risquer de le dégrader. On a joint ici un tableau synoptique qui montre la manière de tirer des copies de différentes substances. La rangée perpendiculaire indique une liste des objets à copier; la rangée horizontale indique les moyens de les multiplier.

Je suppose que l'expérimentateur possède une médaille d'argent d'une grande valeur dont il désire obtenir une copie, il doit chercher dans le tableau à côté du mot argent, et il verra qu'il peut, par l'électro-métallurgie, en obtenir une copie en cuivre; mais il rejettera ce moyen. Il cherchera alors par quelles autres méthodes il pourrait obtenir la copie qu'il désire, et verra que le plâtre de Paris doit être préféré comme étant moins susceptible de dégrader sa médaille. Cette copie en plâtre étant obtenue, il verra par le premier tableau que cette copie peut être plongée dans une dissolution de cuivre saline ou acide, afin d'en tirer un *fac simile*.

(*Voir les Tableaux, pages* 122 *et* 123.)

132. Le carbone, par son prix peu élevé, par sa nature indestructible, et par son inaltérabilité au contact des dissolutions métalliques, est d'une valeur inappréciable pour

électro-métallurgie. Une de ses variétés, le graphite ou carbure de fer, connue vulgairement sous le nom de mine de plomb, reçoit des applications nombreuses, que nous aurons, plus loin, l'occasion de faire connaître avec détail.

Le platine, qu'aucune dissolution ne peut attaquer, est très-propre à recevoir les dépôts métalliques; mais l'élévation de son prix sera toujours un obstacle à ce que son emploi soit général.

133 Sous le rapport de l'inaltérabilité, l'or est aussi précieux que le platine, mais il est d'un prix encore plus élevé. Cependant, quand il est en feuilles, on peut l'appliquer sur la surface des substances molles, qui deviennent alors propres à recevoir la couche métallique qu'on veut y déposer. On peut en faire autant de l'argent et de l'étain; mais il y a d'autres procédés bien supérieurs à ceux-ci et qui les rendent inutiles.

134. L'argent ne peut être attaqué que par l'or et le platine, et doit être employé pour recevoir les métaux réduits quand on veut que le dépôt soit d'une grande pureté.

Les feuilles d'argent pur, dont l'épaisseur est calculée de manière à peser 5 gram. 333 millig. par décimètre carré de surface sont employées par les faux-monnayeurs dans leur coupable industrie; le procédé qu'ils suivent consiste à mettre la pièce de monnaie qu'ils veulent imiter, sur une planche de bois; sur cette monnaie, ils appliquent une feuille d'argent, puis ils frappent doucement sur cette dernière avec un maillet en bois jusqu'à ce qu'elle présente une copie fidèle de l'original, résultat qui ne tarde pas à être obtenu; cela fait, ils recommencent la même opération pour la face opposée. Les deux disques d'argent sont ensuite soudés par leurs bords; et le fabricateur commet un crime et risque sa tête pour la pièce de fausse monnaie qui lui a coûté tant de peine. Sans doute le lecteur n'aura pas même l'idée de recourir à cette fraude, et il n'est pas nécessaire d'en dire davantage; mais on comprendra facilement que le même procédé peut être mis en usage, avec une meilleure intention, par l'électro-métallurgiste, pour obtenir un moule.

Le cuivre peut servir à recevoir le dépôt de plusieurs métaux, mais à moins que l'objet qu'on veut cuivrer ne soit un moule creux, on ne peut facilement en obtenir une empreinte en saillie, qu'à l'aide de l'électro-métallurgie.

135. Nous avons à traiter maintenant des alliages du plomb, de l'étain, du bismuth, de l'antimoine et du zinc, qui exigent une attention particulière, parce que nous pouvons, avec eux, obtenir des empreintes en creux, en relief,

Liste des principaux procédés à l'aide desquels on peut tirer copie de divers objets.

MÉTAUX.	CUIVRE.	PLOMB.	ALLIAGES de plomb.	CIRE à cacheter.	STÉARINE spermaceti, cire et ses composés	GUTTA-PERCHA.	PLATRE de Paris.
Cuivre.	par l'électro-métallurgie.	p. percussion et laminage.	par le cliché.	par la fusion.	par la fusion.	par la pression.	p. le mélange avec de l'eau.
Argent.	dito.	dito.	dito.	dito.	dito.	dito.	dito.
Or.	dito.	dito.	dito.	dito.	dito.	dito.	dito.
Platine.	dito.	dito.	dito.	dito.	dito.	dito.	dito.
Plomb.	dito.	»	dito.	dito.	dito.	dito.	dito.
Alliages de plomb.	dito.	»	dito.	dito.	dito.	dito.	dito.
Etain.	dito.	»	»	dito.	dito.	dito.	dito.
Fer.	dito percussion.	p. percussion et laminage.	par le cliché.	dito.	dito.	dito.	dite.
Autres métaux.	par l'électro-métallurgie.	»	»	dito.	dito.	dito.	dito.
Cire à cacheter.	dito.	par percussion.	»	»	dito.	dito.	dito.
Cire vierge et ses composés.	dito.	»	»	»	»	»	dito.

Stéarine.	dito.	»	»	»	»	»	dito.
permaceti.	dito.	»	»	»	»	»	dito.
Soufre.	»	»	par le cliché.	»	par la fusion.	par fusion.	dito.
atta-percha.	»	»	»	par la fusion.	»	par la pression.	dito.
Plâtre de Paris.	par l'électro-métallurgie.	»	par le cliché.	»	par la fusion.	dito.	dito.
olle-forte et craie.	point.	»	dito.	»	dito.	»	dito.
ubstances animales.	par l'électro-métallurgie.	»	quelques-uns par le cliché.	quelques-uns par fusion.	dito.	par pression.	dito.
ubstances végétales.	dito.	»	dito.	dito.	dito.	dito.	dito.
Gomme.	»	»	»	»	»	»	dito.
chthyocolle.	»	»	»	»	»	»	dito.
erre et corps siliceux.	par l'électro-métallurgie.	»	par le cliché.	par fusion.	par la fusion.	par la pression.	dito.
Corps alumineux	dito.	»	dito.	dito.	dito.	dito.	dito.

des médailles, mieux qu'avec tout autre métal. Nous avons déjà fait remarquer que ces alliages sont fusibles non pas seulement au-dessous du point de fusion de chaque métal qui les compose : mais encore que quelques-uns d'entre eux fondent beaucoup au-dessous du point de fusion du métal le plus fusible qui entre dans leur composition. C'est à quelques-uns de ces alliages que nous devons les caractères typographiques ; à d'autres la stéréotypie ; à d'autres encore, la polytypie ou cliché. Les caractères typographiques se composent, dit-on, de 1 partie de plomb et de 16 parties d'antimoine ; quelquefois on y ajoute une partie de cuivre ; il est probable que ces proportions varient dans chaque fonderie de caractères : nous disons que cela est probable, attendu que les fondeurs tiennent leurs procédés secrets. Il y a d'autres alliages qui contiennent, dit-on, 6 parties d'antimoine pour 2 de plomb, 4 parties du premier pour 5 du second ou même 4 d'antimoine pour 1 de plomb. Dans chaque fonderie, il y a un certain nombre de creusets ; chacun d'eux est chauffé par de la houille, et est confié à un ouvrier. Pour faire un caractère, l'ouvrier prend une petite quantité d'alliage fondu, à l'aide d'une petite cuillère, et le verse dans un moule où se trouve reproduit, en creux, le caractère qu'il veut obtenir. Dès que l'alliage est versé dans le moule, l'ouvrier imprime à celui-ci une secousse de bas en haut, par ce moyen le métal fondu pénètre dans toutes les plus fines anfractuosités du moule, et le caractère n'en est que plus beau. On serait en droit de penser que des hommes qui se livrent chaque jour, à ce genre de travail, devraient toujours réussir dans leurs opérations ; mais il n'en est point ainsi, car les caractères imparfaits sont très-nombreux, et on est obligé de les refondre. J'ai indiqué le procédé suivi dans ce cas pour montrer qu'il offre une grande analogie avec la fabrication des monnaies. Dans le premier cas, l'opération s'exécute avec un métal liquide ou semi-liquide ; dans ce dernier cas c'est à l'aide d'une masse solide. Les alliages dont on peut se servir dans ce but varient suivant l'objet dont on veut tirer copie ; car on a une grande latitude en ce qui concerne le point de fusibilité, puisque quelquefois on préfère l'alliage le plus fusible, et d'autres fois celui qui l'est le moins.

Voici une liste des alliages que recommandent beaucoup d'auteurs, auxquels il faut ajouter les alliages qui servent à la fabrication des caractères d'impression, et que nous venons d'indiquer : et comme l'antimoine jouit de la propriété de se dilater par le refroidissement, les alliages dont il fait partie sont très-recherchés pour prendre des empreintes.

	Etain.	Plomb.	Bismuth.	Zinc.	
1. . .	4. . .	1. . .	0. . .	0	
2. . .	5. . .	10. . .	1. . .	0	
3. . .	0. . .	1. . .	1. . .	0	
4. . .	1. . .	1. . .	0. . .	0	
5. . .	3. . .	5. . .	8. . .	0	fond à environ 212° du therm. de Fahrenheit.
6. . .	1. . .	1. . .	2. . .	0	on dit qu'il fond à 200° de Fahrenheit.
7. . .	1. . .	2. . .	3. . .	0	fond à 200°.
8. . .	1. . .	0. . .	1. . .	1	*idem.*

L'alliage n° 5 est appelé métal fusible d'Isaac Newton. Le n° 6 est l'alliage fusible de Rose; les deux derniers sont empruntés aux Français. On ajoute quelquefois un peu de mercure pour rendre l'alliage plus fusible, mais on doit s'en abstenir pour les besoins de l'électro-métallurgie.

Tous ces composés s'emploient quand ils se trouvent dans un état intermédiaire à l'état solide et liquide; car, à ce degré de température, ils prennent une consistance pâteuse, ce qui dépend probablement de ce que l'alliage est composé de deux parties, l'une plus fusible que l'autre.

En effet, si on examine la masse avec attention, elle paraît composée de particules solides dans un grand état de division, tenues en suspension dans une autre partie parfaitement fluide. Quand l'alliage a repris la consistance voulue, il est propre à fournir des empreintes : ce procédé se nomme cliché. Les alliages numérotés 1, 2, 3, 4, aussi bien que les compositions qui servent aux fondeurs de caractères, sont employés pour clicher sur le fer, le bronze, le cuivre et autres substances dures.

Peut-être trouvera-t-on que les n°s 2 et 3 doivent être préférés, après le métal dont on fait les caractères. Quand on veut faire un cliché sur bois, sur soufre ou sur autre cliché, il faut employer les alliages les plus fusibles, c'est-à-dire les n°s 5, 6, 7, 8. Si on emploie des métaux durs pour le cliché, il faut préalablement les décaper avec soin, et les employer froids. Quand on se sert d'un cliché pour en obtenir un second, il faut que l'alliage qui sert à former le premier soit moins fusible que celui qui sert à faire le second; ainsi, le métal à caractères typographiques et les n°s 1, 2, 3, 4, sont très-propres à la fabrication de moules dont on tire des empreintes avec les alliages numérotés 5, 6, 7, 8. Pour faire des clichés avec le plâtre de Paris, cette matière doit être préparée avec de l'huile de lin, de la gomme ou de la gélatine,

opérations qui seront décrites quand nous traiterons de ces substances; les moules en soufre doivent être employés peu d'heures après les avoir obtenus.

Le moyen le plus simple d'obtenir un cliché, consiste à verser un peu de l'alliage fondu sur une surface plate quelconque, et à en unir la superficie avec les bords d'une carte pour donner du brillant au métal; puis on attend que ce dernier soit près de se refroidir : alors on appuie fortement la matrice sur l'alliage; par ce moyen, les parties fluides de ce dernier s'écartent dans toutes les directions, et l'on obtient une empreinte égale à l'original, en beauté, en finesse, en poli. Si l'alliage est trop chaud, la surface est susceptible de prendre un aspect cristallin. Il est donc important que l'objet soit assez refroidi pour rendre l'alliage complètement dur, au moment où le choc qu'on imprime a fait pénétrer le métal dans tous les traits de l'original. Quand on veut obtenir un cliché d'un dessin très-creux, l'air n'a pas toujours le temps de disparaître; dans des cas semblables, de petites cavités, ou des bulles se forment à la surface.

On enlève, à l'aide d'une meule, l'excès de métal qui entoure les bords du moule; mais cette opération n'est pas nécessaire pour l'électro-métallurgie.

Les Italiens suivent des procédés excellents pour obtenir des moules parfaits à l'aide de ces alliages. Ils prennent une partie de la masse en fusion, et la mettent sur un morceau de papier; ils placent la médaille dessus : le tout est enveloppé d'un morceau de tapis. Ils mettent ensuite un morceau de bois sur la médaille, puis ils frappent un coup sec sur le bois, et obtiennent ainsi une très-belle empreinte. Le prix d'une empreinte ainsi obtenue varie de 60 centimes à 3 francs. Comme je l'ai déjà dit, le clichage est analogue à la fabrication des monnaies; et même quelquefois, pour obtenir des clichés, on se sert d'une sorte de balancier semblable à celui qui sert à frapper ces dernières. On fixe la médaille, ou tout autre objet, soit à l'aide de mastic, soit à l'aide de vis, sur une masse de métal qui frappe avec force sur l'alliage semi-liquide. Avant de frapper, on suspend l'objet par une corde qui passe dans un anneau qui s'unit à la verge de fer, laquelle est fixée à la masse de métal. Quand tout est prêt, on ferme les portes, on lâche la corde, ce qui permet à l'objet de tomber avec une grande force sur l'alliage.

On peut obtenir une impression sur une feuille de plomb, brillante et bien décapée, en plaçant dessus l'objet qu'on veut copier, et sur lequel on frappe un coup vigoureux et bien dirigé. A l'aide de ce moyen, on peut copier même un

original en cire à cacheter, quoique ceci, de prime-abord, paraisse invraisemblable. Par la simple pression, il serait impossible d'obtenir ce résultat, auquel on parvient, cependant, par un choc violent. Une feuille de plomb laminé, bien décapée, afin d'en enlever tout l'oxyde, puis qu'on aplatit en la soumettant à l'action d'une presse, sur une plaque de fer poli, peut recevoir l'impression des gravures les plus fines. On n'a qu'à placer l'objet qu'on veut copier sur la feuille de plomb, puis on les soumet tous deux une seule fois à l'action de la presse comme s'il s'agissait d'une impression ordinaire. La pression qu'exerce la presse est beaucoup plus forte que celle obtenue par la pression ordinaire, quoique cependant les estampeurs possèdent des instruments capables d'exercer une pression puissante. Les inconvénients qui résultent de la formation des moules à l'aide de la presse, consistent dans l'imperfection de la copie produite par le métal, qui ne cède que difficilement à la pression.

La stéréotypie n'est point d'une grande utilité pour l'électro-métallurgiste. Les moules obtenus à l'aide du métal à stéréotyper, pourraient être fabriqués si l'occasion s'en présentait. Les moules en métal à stéréotyper ne se font qu'avec des originaux en plâtre. Ainsi, pour stéréotyper cette page, on prendrait une empreinte en plâtre du caractère; puis celui-ci serait soumis à la chaleur d'un four pour en enlever toute l'humidité. Le moule en plâtre serait alors placé, la face en bas, dans une boîte, et maintenu dans cette position par une plaque en fer; puis on placerait le tout dans un chaudron rempli d'alliage fondu et mis sur le feu. On l'y laisserait pendant quelques instants, puis on le retirerait, et le vide qui se formerait par la contraction causée par le refroidissement, serait comblé par un ouvrier. Du reste, tous les moules en métal ne tarderont pas à être abandonnés par les électro-métallurgistes, qui leur préféreront la gutta-percha.

136. Les substances non conductrices sont de trois espèces : 1° celles qui n'ont d'affinité ni pour le métal ni pour la dissolution où on les plonge; 2° celles sur lesquelles la dissolution agit mécaniquement; 3° enfin les substances susceptibles de se combiner avec le métal précipité. Celles de la première catégorie sont bien supérieures aux autres, mais peu nombreuses; la meilleure de toutes est la cire à cacheter, composée de gomme laque, de térébenthine de Venise et d'une matière colorante.

Le docteur Ure en indique ainsi les proportions : gomme-laque 4, térébenthine 1, et matière colorante 3. Les fabricants en ont de plusieurs espèces : la plus coûteuse est la

meilleure pour faire des empreintes. Quelques-unes sont très-dures, comme la cire noire, dont on se sert pour remplir les lettres gravées, sur les plaques des boutiques. L'emploi de la cire à cacheter occasionne une assez grande dépense, car celle de bonne qualité est très-chère, mais elle reçoit avec la plus grande exactitude l'empreinte des objets les plus délicats. Tout le monde se sert de cette substance, et chacun croit qu'il excelle dans l'art de faire une empreinte, néanmoins, cette opération, toute simple qu'elle paraît, est encore entourée de nombreuses difficultés et d'une grande incertitude de succès. Les graveurs obtiennent les empreintes en cire à cacheter en présentant une carte au-dessus de la flamme d'une bougie et en frottant doucement la partie chauffée avec un bâton de cire préalablement ramollie par la chaleur. Quand ils ont obtenu une quantité suffisante de cire fondue, ils appliquent le cachet.

Pour obtenir de larges empreintes, on prend un bâton de bonne cire, on le présente à la flamme d'une bougie, jusqu'à ce qu'il s'allume sur une longueur de 8 à 10 centimètres, on le place alors au-dessus d'une feuille de papier ou d'une carte, la cire fond et tombe en larges gouttes, et en peu de temps on en a une quantité suffisante. On éteint alors la flamme du bâton, et on remue, en tournant, la masse fluide jusqu'à ce que toutes les bulles d'air aient disparu, et que la cire, encore un peu molle, présente partout une surface bien unie. C'est alors le moment de lui faire recevoir l'impression de l'objet qu'on veut reproduire. On doit l'appliquer sur la cire et l'y maintenir avec une forte pression ; on plongera ensuite le tout dans l'eau froide pour amener un refroidissement instantané. La difficulté sera moins grande si l'on se sert d'un cachet métallique, parce qu'il absorbe la chaleur et n'adhère point à la cire.

On peut se faire une idée de l'exactitude avec laquelle la cire à cacheter se moule sur les objets sur lesquels on l'applique, en examinant ce qui se passe quand on applique cette cire sur de la nacre de perle et autres substances analogues qui possèdent naturellement la propriété de décomposer les rayons lumineux ; en effet, les couleurs qui existent sur l'original se remarquent également sur l'empreinte.

Lorsque l'on veut obtenir une empreinte en cire sur du bois ou autres substances analogues, il faut d'abord les frotter avec un peu d'huile d'olive ; on plonge ensuite la cire dans l'eau froide, et sa surface est propre à s'enfoncer dans les cavités de la gravure et à s'unir à elle. On a fait de très-grandes empreintes en cire à cacheter en plaçant la médaille

sur la composition à demi-fluide, et en la soumettant à l'action d'une presse hydraulique. M. Botes a réussi dernièrement à faire, par ce moyen, des empreintes parfaites de 8 à 10 centimètres et plus de diamètre (1).

137. La cire vierge peut être employée à faire des empreintes, mais on la remplace économiquement en se procurant des bouts de bougies que l'on fond facilement au-dessus d'une lampe. L'objet à copier doit être légèrement huilé à l'aide d'un pinceau en soies de porc, préalablement trempé dans l'huile. En exposant un instant la médaille à un courant de vapeur, ou même en soufflant dessus, on atteindra le même but, parce qu'une légère couche d'eau, pour laquelle la cire n'offre aucune affinité, couvre la médaille et sert à séparer la cire d'avec le métal. Une bande étroite de papier doit être enroulée autour de l'objet à copier et maintenue à l'aide d'un fil; on peut encore maintenir le papier à l'aide d'un peu de cire à cacheter. Si l'objet à copier est une médaille, cela est très-facile; quand il s'agit d'autres objets, on peut également réussir, quoique ce soit un peu plus difficile. Par ce moyen, on garnit la médaille d'une sorte de rebord. C'est dans cette espèce de coupe qu'on verse la cire fondue. On aura soin qu'aucune bulle d'air n'adhère au modèle ; le degré de température de la cire fondue qu'on emploie influe sur le succès de l'opération. Si l'objet à copier est petit, cette cire ne doit pas être aussi chaude que si l'objet est de grande dimension. La conductibilité pour le calorique de la substance dont l'objet est formé doit servir à régler aussi la température de la cire fondue; car si cette substance est bon conducteur, un métal, par exemple, elle soustrait si rapidement le calorique de la cire, qu'il est nécessaire d'élever la température de

(1) On pourra, mais avec de grandes précautions, obtenir des empreintes en cire à cacheter de modèles en soufre. Ces modèles devront être préalablement huilés avec une goutte d'huile d'olive, et on les appliquera le plus tard possible sur la cire à cacheter, c'est-à-dire au moment où elle est tout près de prendre sa solidité. Si on appliquait le soufre sur la cire pendant qu'elle est encore très-chaude, il arriverait infailliblement que le soufre se détacherait en petites écailles qui adhèreraient à l'empreinte, et lui ôteraient toute sa netteté.

Tout le monde sait que le soufre est d'une extrême fragilité, et qu'une température tant soit peu élevée détermine sa cassure ; cet inconvénient n'a pas lieu lorsque le soufre est récemment fondu ; mais on peut artificiellement le remettre dans le même état où il se trouve quelques heures après la fusion. Il suffit pour cela d'exposer le moule à une chaleur douce et légèrement progressive, qui, dans aucun cas, ne devra excéder 50 à 60 degrés centigrades. On pourra alors se servir du moule de soufre pour faire des empreintes de cire à cacheter, sans avoir la crainte de le briser.

celle-ci. Règle générale, la surface doit être couverte de cire liquide pendant une ou deux secondes avant que sa solidification ne commence sur aucun point, et de même aussi la cire ne doit pas être assez chaude pour rester longtemps avant de commencer à se figer. On laissera le tout dans cet état jusqu'à ce que la cire soit redevenue à l'état solide et entièrement refroidie, ce qui n'exige pas moins de deux ou trois heures, car on sait que la cire est mauvais conducteur du calorique ; on pourra ensuite détacher très-doucement la cire coulée sur la médaille.

Des modèles de plâtre peuvent même être copiés en cire, en enduisant tout simplement le plâtre avec un peu d'huile d'olive avant d'y verser la cire fondue; on obtiendra ainsi une copie parfaite.

Une meilleure manière d'obtenir l'empreinte d'un plâtre consiste à lui faire absorber de l'eau chaude jusqu'à saturation, mais sans que cependant l'eau paraisse à la surface. Dans ce but, le modèle est placé dans l'eau jusqu'à la moitié de sa hauteur, et comme l'eau y pénètre par l'action de la capillarité, la surface ne tarde pas à prendre, vers sa circonférence, une teinte légèrement obscure, et l'œil peut suivre le phénomène d'imbibition jusqu'à ce que celle-ci soit complète. On l'entoure alors de papier et on y verse la cire fondue pendant qu'il est encore chaud ; ensuite on laisse refroidir le tout, et la cire se sépare du plâtre avec la plus grande facilité. Dans cette opération, le succès dépend en grande partie de la quantité d'eau employée, car il n'en faut qu'une juste mesure. En effet, si l'eau est surabondante, elle s'amasse entre la cire et le plâtre quand la première est versée sur ce dernier, et la surface du moule offre un aspect onduleux qui le rend impropre aux usages électro-métallurgiques. Si, au contraire, on n'a pas employé une suffisante quantité d'eau, la cire pénétrera dans les vacuoles du plâtre et y adhérera. On ne doit pas laisser tremper le plâtre dans l'eau une seule minute de plus que cela n'est nécessaire, parce qu'il se ramollirait trop et sa surface deviendrait infiniment plus susceptible de s'altérer et même de se détruire au moment où on en séparerait l'empreinte de cire ; s'il existait la moindre adhérence, cela prouverait que le plâtre n'a pas absorbé assez d'eau, accident qu'on s'attachera, autant que possible, à éviter. Cependant, s'il existait une légère adhérence, on pourrait y remédier en plongeant le modèle et la copie pendant quelques minutes dans l'eau ; cette manœuvre a quelquefois pour résultat d'en produire la séparation instantanée. Ceux qui font profession d'exécuter des moules, ne considèrent pas

cire comme étant la substance la plus propre à obtenir des npreintes; c'est peut-être avec raison, car les empreintes l'on en obtient ne possèdent pas le fini d'exécution du mo-:le, les bords des creux étant souvent arrondis et émous-:s.

A l'aide de la substance nommée stéarine, on peut obtenir 'excellentes empreintes; Jacobi l'a beaucoup employée dans e but. On obtient la stéarine du suif ordinaire, qu'on soumet la presse hydraulique, pour en exprimer les parties fluides. .e procédé est cependant imparfait, car on ne sépare pas insi toutes les parties liquides. Un moyen bien supérieur pour réparer la stéarine, est de saponifier le suif à l'aide de la otasse, de la soude ou de la chaux; c'est cette dernière dont n se sert le plus ordinairement, puis de décomposer le sel insi formé à l'aide de l'acide sulfurique étendu. On obtient insi des bougies stéariques d'une qualité excellente, qui, pour a lumière et la blancheur, ne laissent rien à désirer. Ce que ous avons dit de la cire est applicable également à la stéa-ine, les procédés, dans les deux cas, étant semblables. La stéa-ine, à Londres, coûte en ce moment 1 fr. 20 les 500 grammes. .e spermaceti jouit des mêmes propriétés que la stéarine. C'est la partie solide de l'huile de certaines espèces de balei-nes; la meilleure est tirée de la tête de l'animal; on l'em-ploie de la même manière que la cire et la stéarine.

138. Un mélange de parties égales de cire jaune et de ré-sine peut également servir à prendre des empreintes, en le traitant absolument comme la cire; quelquefois on y ajoute un peu de térébenthine et on augmente la quantité de résine. Cette composition est fort en usage chez les Italiens; mais il faut éviter avec soin de la couler trop chaude. On la fait d'a-bord fondre, puis on la laisse reposer jusqu'à ce que toutes les bulles aient disparu et qu'elle ait acquis la consistance de la mélasse. C'est alors seulement qu'on la coulera sur l'objet à reproduire, comme on le fait pour la cire.

139. Il y a plusieurs variétés de substances non conduc-trices de la deuxième classe, tels sont: le papier, le plâtre, etc., qui sont attaqués par la dissolution. Le papier n'offre aucun avantage quand on l'emploie pour obtenir une empreinte, cependant à l'aide de la machine dont se servent les estam-peurs, on peut obtenir des métaux et des substances dures, une copie semblable à l'impression ordinaire, et on peut at-teindre le même résultat en mettant deux feuilles de papier sur l'objet, on frotte alors la feuille de dessus avec un crayon en mine de plomb, par ce moyen le papier pénètre dans toutes les anfractuosités. Le papier absorbe les dissolutions

et devient rugueux, c'est pourquoi ont doit lui donner à l'aide de certaines préparations, une surface parfaitement unie.

Les vernis peuvent être appliqués dans ce but, et comme quelques-uns d'entre eux sèchent plus vite que les huiles, il est bon d'en faire usage dans certains cas. Les principaux d'entre eux sont : le *vernis blanc*, celui au copal, au mastic et le vernis des carrossiers. Le premier sèche en peu de minutes et doit être appliqué jusqu'à ce qu'une très-petite quantité s'amasse à la surface du corps sur lequel on l'étend. Il est surtout applicable sur les papiers très-glacés, où la quantité d'encollage empêcherait l'absorption d'un vernis plus visqueux. Le vernis au mastic remplit très-bien le but, mais son application ne présente aucun avantage particulier. Le vernis des carrossiers peut quelquefois être employé; mais il faut une grande attention, pour qu'il n'empâte pas le dessin; sans cet inconvénient, ce serait un vernis précieux pour cet objet. Il est inutile de décrire tous les procédés qui peuvent être mis en usage pour rendre le papier non absorbant et uni. C'est sur le principe lui-même que j'appelle une attention toute particulière. Un mélange de cire et de colophane fondues ensemble peut servir à enduire les papiers, surtout ceux qui absorbent le plus. On doit faire chauffer la feuille de papier et appliquer le mélange sur la face opposée à celle sur laquelle on veut obtenir la copie. Cette application doit être faite de manière à ce que le papier soit bien imbibé; il devient alors dur en peu de minutes, et on peut le plonger dans la dissolution : c'est là un excellent procédé et que je conseille d'adopter souvent. On peut, dans certains cas, se servir de la colophane seule, mais cette matière a l'inconvénient d'être très-fragile; d'autres substances peuvent être employées de la même manière, tel est le baume de Canada, etc.

140. La préparation du plâtre est de la plus haute importance ; on l'empêche d'absorber par les mêmes moyens que ceux qu'on emploie pour préparer le papier. Le plâtre est un sulfate de chaux ou gypse, privé de son eau de cristallisation par la chaleur. Dans cet état, cette substance a une telle affinité pour l'eau et peut en absorber une si grande quantité que quand on le mêle à ce liquide de manière à lui donner la consistance d'une crême, il se solidifie en quelques minutes. Dans la fabrication des empreintes en plâtre, on doit faire attention à une infinité de petits détails (1) pour se débar

(1) Le moulage du plâtre n'est pas une opération aussi facile qu'on se le figure au premier abord. Pour y réussir, il faut les soins les plus minutieux. C'est ...

rasser de toutes les bulles d'air : celles-ci proviennent de deux causes, soit de l'adhérence de l'air au plâtre, ou bien de ce que le plâtre entraîne avec lui de l'air quand on le mêle à l'eau. On remédie à la première cause en employant un plâtre récemment cuit; c'est là ce que font ceux qui se livrent à la stéréotypie; ils ont remarqué, en effet, que quand le plâtre reste exposé seulement une quinzaine de jours à l'air, les moules présentent moins de perfection. L'artisan ne peut expliquer ce fait, et la science est redevable de cette explication à M. Wyatt, le célèbre sculpteur, qui l'attribue à l'adhérence de l'air qui avait causé la perte de plusieurs moules précieux; cet artiste, pour obvier à cet inconvénient, met le plâtre dans un poêlon, sur le feu, et le chauffe jusqu'à ce que les gaz se soient dégagés; le plâtre est alors bon à être employé. On met dans un vase une suffisante quantité de plâtre, et on verse dessus une certaine quantité d'eau, jusqu'à ce qu'il en soit suffisamment recouvert et qu'on ne voie plus paraître de bulles d'air. On le gâche alors avec soin.

M. William, dans un travail intéressant lu à l'Institution royale, recommande de mettre le plâtre dans une cuvette pleine d'eau, de l'y agiter doucement, puis de le laisser reposer pendant une demi-minute, et de décanter ensuite l'eau; après quoi on remue la masse semi-liquide, qui, alors, est propre à être employée. Ces deux procédés agissent d'une manière identique, car le but qu'on veut atteindre consiste à se débarrasser, autant que possible, de l'air contenu dans le plâtre. Quelques bons praticiens pensent que le premier procédé est préférable au second; d'autres, au contraire, affirment que ce dernier est le seul bon; mais comme les partisans de chacun de ces procédés obtiennent des empreintes égales en beauté, on peut les adopter indifféremment. Dans tous les cas, cependant, il faut avoir soin de ne pas saturer le plâtre d'une trop grande quantité d'eau, car, quoique le plâtre prenne encore dans ce cas, cependant il n'acquiert pas une dureté suffisante. Pour les besoins de l'électro-métallurgie, il est préférable de se servir de plâtre très-dur; il faut donc employer une plus grande proportion de plâtre de Paris que celle dont on se sert ordinairement.

tout-à-fait à part, et que l'électro-métallurgiste ne peut pas ignorer. Comme il faut que tous les modèles dont on se sert en galvanoplastie soient de la plus grande netteté, nous engageons le lecteur à se familiariser d'abord avec le moulage en plâtre. Toutes les opérations qui s'y rattachent ont été décrites avec les plus grands détails dans le *Manuel du Mouleur en médailles*, ouvrage tout spécial, et qui fait partie de l'*Encyclopédie-Roret*.



La surface sur laquelle on veut l'appliquer doit être légèrement frottée avec une petite quantité d'huile d'olive. On verse alors sur l'original un peu de plâtre liquide, et on en frotte toutes les parties perpendiculairement avec un pinceau en soies de porc, pour éviter l'adhérence des bulles d'air à la superficie, adhérence qui empêcherait d'obtenir une empreinte parfaite. On ajoute ensuite une autre quantité de plâtre pour donner à l'empreinte une épaisseur suffisante, on la laisse en repos quelque temps, puis on la retire du moule et on la chauffe légèrement afin de chasser l'excès d'humidité : l'empreinte est alors extrêmement dure et peut recevoir les substances propres à détruire son absorption.

Le grand avantage qu'offre le plâtre de Paris, c'est qu'on peut l'appliquer à tous les cas qui se présentent, car on peut l'employer avec tous les métaux. On peut aussi obtenir de belles empreintes avec le soufre, à ce point que les Italiens ne se servent que de moules en soufre pour exécuter leurs médailles. Il est même possible de prendre une empreinte en plâtre sur un moule de même substance, en saturant préalablement le moule avec de l'huile de lin bouillante; mais cependant les Italiens ne les apprécient pas autant que les moules en soufre. On copie quelquefois des objets rugueux et de grande dimension sur des moules en plâtre, en les trempant avant l'opération.

Il n'est pas difficile d'obtenir des moules avec la cire vierge, la cire jaune, la résine, la stéarine, le spermaceti, et presque toutes les substances organiques soit végétales, soit animales.

On colore souvent le plâtre de Paris de différentes manières, suivant la fantaisie de l'expérimentateur, et on obtient quelquefois des produits d'un très-bel effet, en employant des plâtres de deux couleurs, l'un pour les traits en creux et l'autre pour les traits saillants, en sorte que quand l'empreinte est ôtée du moule, les premiers et les seconds offrent une coloration différente.

Il y a différents moyens d'imbiber les empreintes en plâtre pour les empêcher d'absorber les liquides. On peut cependant diviser ces moyens en deux classes, l'application des substances solides, comme la cire, la stéarine, etc., à l'aide de la chaleur, et celle des substances liquides, comme les vernis, etc.; il peut paraître inutile de décrire en détail le grand nombre de moyens à l'aide desquels on peut atteindre le même but, mais comme on n'a pas toujours les meilleurs à sa disposition, on est quelquefois bien aise de se servir de quelque autre substance capable de remplir le même but. L'application des corps solides liquéfiés par la chaleur, s'ob-

nt dans tous les cas, précisément de la même manière. Une
scription détaillée d'un de ces procédés pourra donc s'ap-
iquer à toutes les autres substances. Le moyen auquel nous
isons allusion, pour traiter les empreintes en plâtre, con-
ste à les placer dans un vase plat, avec la substance, qui ne
oit pas dépasser la moitié de sa hauteur, la chaleur doit être
sez grande pour liquéfier complètement la composition. On
eut, pour chauffer cette dernière, se servir d'une lampe,
'un poêle, etc., et la température doit être élevée au-delà
u point de fusion de la composition. Le plâtre, quoique bien
esséché avant cette opération, perdra encore une partie de
eau qu'il contient, laquelle, se dégageant sous forme de va-
eur, prend l'aspect d'un corps en ébullition. Après l'avoir
issé dans cet état pendant quelques instants, on enlève le
odèle du liquide où il est plongé. La température ici influe
ır le succès de l'opération, car si on le retire à une tempé-
ature trop basse, une partie de la composition, que ce soit
e la cire, du suif ou de la stéarine, se figera à la surface du
odèle, et les traits de la copie en seront altérés. Si on sé-
are le modèle de la copie, pendant que la température est
rop élevée, le liquide qui restera à la surface du plâtre,
énétrera dans ses vacuoles et n'en remplira pas suffisam-
nent le tissu. J'aime à voir le trop-plein du liquide qui se
rouve à la surface du moule, y pénétrer graduellement et
aisiblement, être absorbé d'abord à la circonférence, et di-
ninuer par degrés jusqu'à ce que tout ait pénétré dans le
noule. Cette imbibition est plus ou moins parfaite, suivant le
rocédé qu'on suit. Lorsqu'on veut employer le moule pour
btenir simplement une copie en métal, une préparation
noins minutieuse suffira, et 15 minutes d'exposition à la
haleur seront plus que suffisantes. Si cependant on veut
rotéger le plâtre d'une manière plus sûre, le modèle sera
xposé à la chaleur pendant près d'une heure, et on le fera
ouillir à une plus haute température, jusqu'à ce que la va-
eur cesse de se dégager du moule ; quand le plâtre est ainsi
aturé, il devient demi-transparent, et on peut apercevoir à
travers sa substance la clarté d'une bougie. Quand le plâtre
st refroidi, on lui donne un aspect uniformément poli, et
ien ne restera à la surface, si l'opération a été bien conduite.
J'ai fait sur le plâtre des expériences beaucoup plus nom-
breuses que cela ne pourrait paraître nécessaire, parce que,
dès l'abord, il me sembla évident que c'était la substance
dont l'électro-métallurgie devait tirer le plus parti de ses
nombreuses applications. Les moyens qu'on possède d'en
tirer des empreintes sont si simples, si économiques, et d'un

effet si certain, qu'ils sont applicables depuis la plus petite médaille que le génie de Wyon puisse produire, jusqu'à la statue la plus gigantesque que la main de l'homme puisse façonner.

Les substances qui servent à imbiber le plâtre ne sont pas perdues ; car quand on s'est servi du moule, si on jette ces substances dans de l'eau chaude aiguisée par de l'acide sulfurique, elles abandonneront le plâtre qu'elles contiennent et viendront flotter à la surface du liquide, tandis que l'eau s'emparera du plâtre qui se déposera au fond du vase. C'est M. De La Rue qui, le premier, fixa mon attention sur l'emploi de l'acide dans ce cas. Pendant la durée de l'immersion du plâtre, préparé dans la dissolution, il se forme un savon de cuivre qui est décomposé par l'acide et mis en liberté ; et par le moyen de cet artifice de la chimie, on peut se servir à plusieurs reprises des mêmes substances.

Il y a plusieurs substances analogues qu'on peut employer facilement pour imbiber le plâtre. En général, je préfère la stéarine, parce qu'elle est à meilleur marché et plus propre à manier que les autres. De la stéarine de première qualité, nous passerons à celle obtenue par la pression, puis au suif dur de mouton, et enfin au suif ordinaire. Ce dernier est très-propre à imbiber le plâtre. Il se fond promptement, et sa fluidité lui permet de pénétrer dans les vacuoles du plâtre. On fera bien de faire bouillir le modèle pendant longtemps dans le suif, puis d'enlever ce qui s'y trouve en excès, ensuite de le laisser refroidir dans un lieu frais. Par l'ébullition, je n'entends pas que le suif doive bouillir, mais que la vapeur qui s'échappe du plâtre doit donner au liquide un aspect bouillonnant. En général, le suif le plus dur doit être préféré, mais les chandelles de bonne qualité sont parfaitement propres à cet usage. L'élaïne du suif aide considérablement à protéger le plâtre, et par conséquent est d'une grande importance pour la préparation des modèles de grande dimension.

Le blanc de baleine rend aussi le plâtre non absorbant et doit être appliqué de la même manière que le suif. Celui qui fait partie des bougies est admirablement propre à cet usage.

Les bougies en cire conviennent aussi pour empêcher l'absorption du plâtre, et cette cire est d'un emploi facile.

Des parties égales de cire jaune et de résine, préalablement fondues, peuvent aussi être employées pour imbiber le plâtre. Plus il y aura de résine dans la composition, plus il faudra de chaleur pour la fondre complètement, et quoique

la résine suffise seule, cependant on ne peut la faire pénétrer qu'à une petite profondeur dans la substance du plâtre; quoiqu'on puisse par ce moyen donner à ce dernier une surface nette, dure et non absorbante; on peut se servir d'une dissolution de résine dans de l'huile de térébenthine ou d'un mélange de résine et de graisse.

Les substances liquides, ou en dissolution, doivent être appliquées de la même manière que celles qui sont solides, mais liquéfiées; mais on doit avoir soin d'empêcher qu'aucune partie de ces substances ne s'attache à la surface.

L'application de l'huile de lin bouillante, peut aussi être mise en usage. On doit l'appliquer sur le modèle jusqu'à ce qu'une très-petite partie non absorbée reste à la surface; on la fait ensuite sécher en l'exposant, quand on le peut, aux rayons du soleil. Le durcissement pur et simple de la couche extérieure n'indique point une sécheresse suffisante pour que l'objet puisse être plongé dans la dissolution; car il est nécessaire que l'huile soit desséchée dans toute son épaisseur. Si on place l'objet dans la dissolution avant qu'il ne soit sec, l'huile se sépare du plâtre, la dissolution attaque ce dernier, et tous deux sont altérés, si ce n'est entièrement détruits. Le plâtre exige une grande quantité d'huile pour être saturé: à peu près la moitié de son volume. Les modèles ne doivent pas être trop desséchés quand on y applique l'huile, attendu que cette dernière, alors, ne se durcit pas aussi promptement.

Les remarques que nous avons faites au sujet des vernis, du baume du Canada, de la térébenthine de Venise, etc., en ce qui concerne leur application sur le papier, se rapportent également aux objets en plâtre; de tous les vernis, le meilleur est le mastic, et celui qui est blanc et dur; mais les méthodes précédemment décrites sont préférables à celles où on emploie les vernis. On a fait des recherches sur l'emploi d'un certain nombre d'autres substances, mais il est inutile de les faire connaître.

Voici une table des substances qui peuvent être appliquées au plâtre, c'est le résultat sommaire de mes expériences, en ce qui concerne leur efficacité et leur bas prix.

Suif.
Stéarine.
Spermaceti.
Cire vierge.
Cire jaune et colophane.
Colophane.
Huile de lin.
Huile de noix.
Dissolution de colophane et de térébenthine.
Baume du Canada.
Vernis au mastic.
Vernis blanc et dur.
Vernis à la gomme-laque.

Quelquefois on veut durcir le plâtre. On y réussit de deux manières, soit en l'imbibant d'une dissolution de gomme arabique ou de colle-forte fondue. Les auteurs français prétendent qu'à l'aide de ces substances on peut prendre un cliché d'un modèle en plâtre.

141. De nos jours, la substance la plus estimée par les électro-métallurgistes pour en obtenir des empreintes, est la gutta-percha. Ce corps a été récemment introduit en Europe par le docteur Montgomerie, car jusqu'alors il n'était connu que des habitants des forêts des îles de la Sonde. On l'obtient en pratiquant des incisions dans l'écorce de l'arbre, d'où il s'écoule un suc laiteux qui ne tarde pas à se concréter. L'arbre peut atteindre 1 mètre à 1m.50 de diamètre, on dit même en avoir vu à Sarawak qui avaient jusqu'à 6 mètres de circonférence. On l'importe en Europe sous forme de grosses masses carrées qui sont remplies de corps étrangers. Ces masses sont découpées à l'aide de machines, en très-petites bandelettes, qu'on fait tremper et bouillir dans l'eau. On les lacère ensuite en petits fragments, à l'aide d'autres machines, pour débarrasser la substance des matières étrangères qu'elle contient, puis on la pétrit à l'aide d'une autre machine presque à la température de l'eau bouillante. La gutta-percha, après ces préparations, est propre à être employée. Il est seulement nécessaire de couvrir légèrement le moule d'une couche de savon fin, afin d'obtenir un *fac simile* plus parfait lorsqu'on exercera la pression. Pour les objets de petite dimension, la pression, à l'aide du pouce, suffira; mais quand il s'agit d'objets plus volumineux, l'emploi d'une presse à balancier est nécessaire. Quand à ceux qui offrent un volume considérable, on est obligé de recourir à une presse hydraulique capable d'exercer une pression de plusieurs milliers de kilogrammes. Ce fut en 1844 que M. Nicholls, possesseur du brevet d'importation, me fit voir pour la première fois de la gutta-percha. J'en fis des essais dans mes expériences électro-métallurgiques, et ils eurent un plein succès. Plus tard j'en fis faire des attelles et d'autres instruments de chirurgie.

La gutta-percha, à une température ordinaire, est dure; mais si on la chauffe à 100 degrés, elle devient d'une souplesse telle, qu'on peut lui imprimer la forme qu'on veut. Pour la chauffer, on peut, soit la tremper dans de l'eau bouillante, ou la mettre dans un pot à colle, afin de l'obtenir fondue et privée d'eau. Quand on s'en sert pour tirer des empreintes, la principale difficulté qu'on rencontre est d'empêcher que de petites bulles d'air ne viennent déparer l'impression obtenue.

Pour faire des moules, c'est la matière la plus irréprochable qu'on puisse désirer, et déjà sous ce rapport elle a détrôné presque toutes les substances employées par les électro-métallurgistes. Non-seulement on en obtient une empreinte parfaite, mais on peut s'en servir mainte et mainte fois sans qu'elle soit le moindrement altérée dans ses qualités.

La compagnie de gutta-percha fabrique un grand nombre de ces moules dont on se sert pour obtenir des empreintes de même substance, tels que des encriers, des porte-montres, des plateaux, des vases, des corbeilles, etc.

La gutta-percha est tellement précieuse pour l'électro-métallurgie, que je ne connais pas une seule dissolution métallique dans laquelle on ne puisse la plonger impunément.

Cette substance est un mauvais conducteur du calorique et de l'électricité. Par suite de la première de ces propriétés, elle conserve longtemps la chaleur, et par suite de la dernière, on l'emploie pour recouvrir les fils métalliques des télégraphes sous-marins, celui de Douvres à la côte de France, est formé de fils de cuivre isolés à l'aide d'une couche de gutta-percha de 2 centimètres d'épaisseur.

Il serait vivement à désirer que les administrateurs du *British museum* consentissent à répandre dans le public des moules ou des empreintes des monnaies et médailles que cet établissement contient renfermées dans les cabinets.

Elles ne peuvent être vues que des curieux et des antiquaires-amateurs, qui admirent plus le merveilleux que le beau, les choses rares que les choses utiles. Si la collection de ces richesses peut avoir un but, ce doit être de perfectionner le goût du peuple; et il faut avouer que répandre ces empreintes dans le public à un prix raisonnable, ce serait améliorer le goût des artisans, qui, dans l'état actuel des choses, n'ont aucun moyen de le cultiver.

142. La troisième classe de substances, c'est-à-dire celles sur lesquelles la solution métallique exerce une action, est la moins nombreuse, circonstance fâcheuse, car cette classe contient une substance qui est supérieure à toutes les autres pour donner des empreintes délicates : je veux parler du soufre. Le métal qui vient d'être précipité n'est pas plus tôt en contact avec le soufre, qu'il se combine avec lui pour former un sulfure, et le dénature tellement, qu'il devient méconnaissable. Le seul moyen de remédier à cet inconvénient consiste à revêtir le soufre d'une légère couche de vernis, tel que le *white-hard* ou le mastic. Cependant les empreintes en soufre n'ont pas répondu à l'attente des expérimentateurs.

qui ont employé ce vernis, et comme il y a d'autres substances qui peuvent fournir des empreintes, nous n'insisterons pas plus longtemps sur ce sujet.

Jacobi prétend, il est vrai, qu'on peut se servir du soufre pour obtenir un dépôt de cuivre; mais cette erreur vient sans doute de ce qu'il a classé par inadvertance le soufre parmi toutes les autres substances non métalliques.

Quoique le soufre ne puisse pas être plongé directement dans une dissolution métallique, on peut en faire des moules admirables pour obtenir des empreintes en plâtre. On fait fondre, tout simplement, un bâton de soufre dans un pot de terre, sur une lampe ou sur le feu. On doit chauffer graduellement; car le soufre, étant mauvais conducteur du calorique, si on chauffait trop, une partie se sublimerait et prendrait feu, sans que l'autre soit fondue. Il est toujours utile d'avoir sous la main un lambeau de vieux tapis pour couvrir le pot, si le soufre venait à s'enflammer. On peut s'en servir pour presque tous les objets en métal, en ayant soin d'abord de les humecter avec de la vapeur, ou de les enduire d'une couche d'huile; on peut s'en servir aussi pour obtenir une empreinte d'un moule de même nature. C'est là une opération délicate; on s'y prend de la manière suivante : On enduit d'huile le moule en soufre, et on attend que le soufre fondu soit presque froid; on en verse alors une petite quantité dans le moule, puis on renverse ce dernier pour faire couler une partie du soufre fondu dont une très-petite quantité doit rester dans le moule; on répète cette manœuvre, jusqu'à ce que le soufre fondu, qu'on a versé à plusieurs reprises dans le moule, ait acquis une épaisseur suffisante pour donner de la consistance à l'empreinte. Le soufre, étant mauvais conducteur du calorique, est susceptible de se fendiller et de se séparer en plusieurs fragments, quand on l'expose à l'action de cet agent. Quelquefois, la chaleur de la main suffit pour briser le moule en plusieurs morceaux, et même la chaleur qui se produit, pendant la solidification du plâtre, suffit pour produire cet effet Les auteurs français prétendent que cette fragilité n'existe pas deux ou trois heures après le refroidissement du soufre, et qu'on peut alors l'employer pour des clichés (1).

Quand l'artisan désire donner un bel aspect à ses produits, il peut colorer le soufre, soit avec le vermillon, le charbon, la sanguine, le bleu de Prusse ou la plombagine, qui tous contribuent, surtout la plombagine, à rendre le soufre moins

(1) Voir la note à la fin du numéro 136.

fragile. Presque tous les chimistes croient que le soufre, dont on fait les moules, a été employé dans cet état particulier où il se trouve quand il a été soumis à une chaleur considérable (400 à 500° Fahrenheit), puis plongé dans l'eau. Traité de cette manière, il reste mou pendant quelque temps, et acquiert une couleur très-rouge; mais je ne pense pas que cette opinion soit fondée.

On emploie quelquefois la mie de pain pour faire des moules. On l'humecte avec de l'eau, puis on la pétrit entre les doigts, comme la pâte dont on se sert pour faire des appâts. Cette pâte ne doit pas être assez humide pour adhérer au modèle, ni assez sèche pour ne pas pouvoir se mouler d'une manière convenable. On l'appuie ensuite sur le modèle qu'on veut copier. Ce procédé n'est pas d'une grande perfection. Cependant, il y a quelques années, il était très-répandu pour faire une espèce particulière de pains à cacheter.

On emploie aussi quelquefois la colle-forte pour faire des moules. On la prépare de la manière accoutumée, en la trempant dans de l'eau pendant 24 heures, en la faisant bouillir à une température modérée, le pot à colle faisant ici l'office d'un bain-marie. Le but spécial, dans lequel on l'emploie, consiste à vaincre les difficultés qui accompagnent le moulage des objets profondément gravés en creux; car, l'élasticité, la flexibilité et la souplesse de cette substance sont tellement prononcées, qu'elle peut servir à copier les objets les plus irréguliers.

On emploie souvent la colle et le blanc d'Espagne pour faire les cadres de tableaux, et autres ornements semblables; mais cette composition ne peut être d'aucun secours pour l'électro-métallurgie. Ces dernières substances ne peuvent pas être employées comme pôle négatif dans les dissolutions métalliques; mais elles peuvent être utiles, dans certains cas, où l'expérimentateur veut prendre d'autres empreintes destinées à recevoir le dépôt métallique.

143. Les substances non conductrices peuvent être copiées en ayant soin de les revêtir d'une substance conductrice quelconque : l'or, l'argent, le bronze et la poudre de cuivre peuvent être employés dans ce but.

Il y a un autre procédé par lequel les substances non conductrices, telles que les matières animales, végétales et minérales, peuvent être revêtues d'une couche très-mince de métal. L'objet à copier doit être frotté avec une petite quantité d'une dissolution d'un sel d'or, d'argent ou de platine, et, dans cet état, on doit l'exposer à la vapeur du phosphore, obtenue par l'évaporation d'une solution éthérée ou alcooli-

que de ce dernier; alors un dépôt métallique en couche très mince aura lieu à la surface de l'objet, qui deviendra ainsi bon conducteur. On a supposé qu'il y avait ici formation d'un phosphure métallique; mais si un fragment de phosphore est plongé dans une dissolution d'or, d'argent, de platine ou de cuivre, le phénomène se trouvera expliqué, puisque chacun de ces métaux recouvrira le phosphore; le dépôt de cuivre est d'une grande beauté.

La substance qu'on veut copier peut aussi être frottée avec la dissolution de l'un des métaux mentionnés tout-à-l'heure, puis on doit l'exposer soit aux rayons du soleil ou à la chaleur d'un foyer; dans ce cas, la réduction aura lieu; mais ce procédé est long et ennuyeux, ce qui fait qu'on l'emploie rarement. Tout autre moyen de réduire les métaux peut également suffire, comme, par exemple, la réduction à l'aide du protosulfate de fer, ou du gaz hydrogène (1). Enfin, on peut dorer, argenter, cuivrer les objets en y appliquant ces métaux en feuilles minces; mais tous ces moyens sont imparfaits et inutiles, puisque nous avons d'autres procédés plus simples, moins dispendieux et qui répondent mieux au but.

144. Le meilleur moyen de revêtir une substance non conductrice d'une couche de substance conductrice, est l'application sur la première d'un peu de charbon ou de plombagine pulvérisés; dans ce but, on frottera une certaine quantité de l'un de ces corps sur l'objet à copier, de manière à l'en revêtir d'une couche extrêmement mince qui suffira pour remplir le but qu'on se propose. La plombagine est préférable surtout à cause de sa nature onctueuse qui rend son application plus facile. Cette application se fait à l'aide d'un pinceau en poils de chameau, de blaireau, ou en soies de porc, suivant la nature de la substance qu'on veut recouvrir; cependant, on doit avoir soin que les interstices qui existent entre les petites lignes que présente la surface, ne soient pas obstrués, ce qui rendrait la copie imparfaite. Quelquefois, on a de la difficulté à faire adhérer une couche mince à la surface; mais si on fait une préparation où la délicatesse des détails n'est point indispensable, une petite quantité de vernis peut d'abord être appliquée; ce moyen convient parfaitement pour les poteries que l'on veut revêtir de cuivre.

(1) Ces divers moyens de métalliser les substances non conductrices sont à peu près abandonnés aujourd'hui que le pouvoir conducteur de la plombagine est un fait hors de doute et incontestable. *Voyez* néanmoins à l'Appendice les procédés employés pour métalliser diverses substances.

quelquefois, on emploie un peu d'esprit-de-vin, lorsque ce liquide est de nature à agir sur le moule (comme ceux en cire à cacheter) ; mais il faut avoir soin de ne pas en rendre la surface rugueuse par un excès d'alcool. On peut faire adhérer la mine de plomb sur certaines substances, en soufflant simplement sur elles avec l'haleine. De quelque manière qu'on obtienne cette adhérence, on doit toujours se souvenir qu'il est de la plus haute importance d'exposer à l'action de la dissolution une surface unie de mine de plomb, plutôt qu'une surface épaisse et rugueuse.

Les opinions contradictoires qu'on s'est faites, touchant l'efficacité de la mine de plomb, sont dues entièrement à ce qu'il y a de grandes différences dans les échantillons de cette matière ; car, si elle n'est pas formée de carbone, elle devient non conductrice. J'en ai trouvé des échantillons qui étaient tout-à-fait sans action, tandis que d'autres étaient excellents conducteurs. L'action ou l'inaction de différents fragments, avant leur pulvérisation, ne dépend pas de leur dureté ; car je possédais un échantillon de cette variété, nommée *roc* par les fabricants de crayons, qui brisa deux ou trois lames d'une scie avec laquelle j'essayais de l'entamer. Je l'envoyai chez un ouvrier habile pour le faire scier, mais il échoua également. En effet, il n'y a que le diamant qui aurait pu l'entamer, et cependant c'était un des meilleurs échantillons que j'eusse vus pour les besoins de l'électro-métallurgie. Quelquefois, au contraire, les échantillons durs ne sont d'aucune valeur, tandis que ceux qui sont tendres sont très-appréciés.

Il n'y a que l'expérience qui puisse indiquer à l'opérateur si tel ou tel échantillon de mine de plomb possède une qualité conductrice. Il n'existe pas deux fabriques où on puisse l'obtenir semblable, attendu qu'elle peut être naturellement d'une mauvaise qualité, falsifiée, ou mal préparée. Le meilleur moyen de juger de la qualité de la mine de plomb est d'en prendre une pincée entre le pouce et l'index, et de la presser entre ces deux doigts : si elle est de bonne qualité, elle se tassera et adhérera aux doigts. Si on emploie le charbon, il doit être bien carbonisé et réduit en poudre impalpable (1).

(1) Il n'est peut-être pas de substance sur la nature de laquelle on ait été si peu d'accord que celle connue sous le nom vulgaire de *plombagine* ou *mine de plomb* : ces deux noms, qui lui ont été donnés sous l'empire de la croyance erronée qu'elle contenait du plomb, ont été depuis remplacés par celui de *carbure de fer* et enfin de *graphite*. Aujourd'hui les chimistes se sont arrêtés à cette dernière dénomination ; ils

Le charbon préparé, des fabriques, existe à l'état de poudre impalpable, mais son emploi est difficile.

145. De toutes ces différentes méthodes, aucune, à mon avis, n'est comparable à l'emploi de la mine de plomb de bonne qualité. La ténuité de sa couche est telle, qu'elle ne suffit pas à elle seule pour conduire le courant voltaïque; mais cette couche, si mince que, pour l'apercevoir, il faut souvent l'effet de la lumière réfléchie, favorise si bien la diffusion latérale du cuivre, que toute la surface s'en trouve bientôt revêtue : il est curieux d'observer la couche de cuivre, tandis qu'elle s'étale sur un moule. Pour mieux juger de ce fait, un fragment de cire à cacheter noire, revêtue de mine de plomb, est très-convenable, attendu que la différence de couleur permet d'observer plus facilement la formation de cette couche; on verra le cuivre, après avoir pris naissance d'un point quelconque du fil conducteur, se déposer sur la mine de plomb et se répandre latéralement jusqu'à ce que toute la surface soit envahie par le métal déposé.

considèrent ce produit naturel comme un véritable *carbone* dans un état particulier, et les minéralogistes l'ont classé parmi les combustibles, à côté des *anthracites*. Quoi qu'il en soit, il contient 8 à 9 pour cent de fer sur 91 à 92 de carbone.

Le peu d'efficacité de quelques *graphites* dans l'électro-métallurgie doit être attribuée à la falsification qu'on leur fait quelquefois subir dans le commerce en y mélangeant le *molybdène sulfuré*. Cette fraude a eu pour effet de faire douter un instant de l'efficacité du graphite comme conducteur du courant galvanique. Mais aujourd'hui il est hors de doute que le graphite de bonne qualité possède à un très-haut degré la faculté conductrice. Néanmoins, comme les échantillons de cette matière sont très-variables dans le commerce, on ne saurait apporter trop d'attention pour la bien choisir, et ce n'est qu'après l'avoir essayée pour vérifier sa conductibilité, qu'on devra l'appliquer sur les substances non conductrices.

Le graphite qu'on doit préférer sera léger, pas trop dur, net, uni, luisant, argenté et d'un grain fin et serré; sa pesanteur spécifique doit être alors d'environ 2.000.

Le lecteur nous saura gré de lui avoir fait connaître ces particularités sur une substance appelée à jouer un si grand rôle dans la galvanoplastie.

CHAPITRE III.

Lois qui président à la réduction des métaux.

étaux qui peuvent être réduits par le courant galvanique, 146. — Etats différents sous lesquels ils sont réduits, 147. — Lois pour la réduction des métaux en poudre noire, 148. — Loi pour la réduction à l'état cristallin, 149. — Lois pour la réduction à l'état métallique pur, 150. — Causes des différences dans la réduction, 151. — Moyen de les produire, 153-158. — Moyen d'obtenir une poudre noire, 159. — Des cristaux, 160. — Un métal régulier, 161-164. — Mêmes résultats obtenus à l'aide d'une seule cellule, 165. — Temps nécessaire pour obtenir le dépôt métallique, 166-167.

146. Quand nous soumettons une dissolution métallique ıelconque à l'action d'un courant voltaïque, le métal de ıtte dissolution est réduit, mais cette réduction ne s'effecera pas toujours de la même manière. Ainsi, si l'on plonge ı couteau dans une forte dissolution de sulfate de cuivre, ı cuivre métallique brillant viendra se déposer sur la lame; ais si l'on y met un fragment de zinc, le cuivre s'y déposra sous forme d'une poudre noire; cependant, si l'on met ıe lame de zinc dans une dissolution ammoniacale de sulte de cuivre, le cuivre réduit offrira une couleur brillante, ındis que si l'on trempe du fer dans une dissolution trèsıide de sulfate de cuivre, le métal réduit sera noir. Les saınts diffèrent d'opinion sur la question de savoir si le mél, dans ces différents cas, se trouve réduit par la simple ffinité élective, comme ils la nomment, ou si la réduction t produite par l'action galvanique. Il peut se faire, dans le emier cas, que le fer et le zinc, ayant plus d'affinité pour cide et l'oxygène du sel que le cuivre, se combinent avec i, en formant un sulfate, tandis que le cuivre est précipité, ais dès que la première portion du cuivre est déposée, une tterie galvanique se forme, laquelle augmente davantage ction. Que cette explication soit juste ou non, je veux établir d'une manière positive que le même métal peut, suivant ı cas, être réduit sous différentes formes.

Cette vérité une fois admise, nous sommes tout naturellement conduits à examiner expérimentalement quelles sont ı circonstances qui tendent à modifier l'aspect que présente

le dépôt métallique dans tel ou tel cas. Pour cela, il faut faire communiquer une batterie galvanique avec deux pôles de platine qu'on place dans un vase qui remplit l'office d'auge à précipiter; on met dans cette auge une dissolution saturée d'un sel métallique, de cuivre, par exemple; en examinant ce qui se passe, on verra se former un dépôt de cuivre cristallisé; si cependant on étend cette dissolution de deux, trois ou quatre fois son volume d'eau, le dépôt métallique prendra un aspect tout différent; il s'amassera, en effet, sous forme d'un corps malléable, que, sans périphrase, nous nommerons dépôt métallique pur. Si, alors, on étend cette dissolution d'une très-grande quantité d'eau, le métal sera encore réduit, mais sous forme d'une poudre noire. Cette poudre sera tellement fine, que toute l'habileté d'un Powell ou d'un Ross ne pourra pas donner au microscope assez de puissance pour que l'œil puisse reconnaître la forme des particules dont elle est composée. Presque toutes les dissolutions métalliques peuvent être substituées à celles de sulfate de cuivre, et les expériences faites sur elles produiront à peu près les mêmes résultats, c'est-à-dire que le degré de concentration du liquide influe matériellement sur la nature du dépôt. Si ce fait est vrai, on pourrait obtenir sur un pôle négatif plusieurs espèces de dépôt, s'il était possible d'avoir une dissolution d'une force inégale. Eh bien! on peut avoir une dissolution de force inégale en plaçant les cristaux du sel métallique au fond d'un grand récipient en verre, et en versant dessus un liquide conducteur, car peu de temps après, si on examine ce dernier, on verra que ses couches inférieures sont d'une couleur foncée et contiennent plus de sel métallique, tandis que la teinte s'affaiblira de plus en plus, depuis les couches les plus inférieures jusqu'aux plus élevées du liquide qui ne contient qu'une très-faible quantité du sel. Dans cette expérience, on pourra employer avec le plus grand succès une dissolution de sulfate de cuivre; on y place les électrodes qui peuvent être en cuivre, et on les met en communication avec une batterie à une cellule. Le cuivre ne tardera pas à se déposer sur le pôle qui va s'unir au zinc de la batterie: 1° sous forme de poudre noire à l'extrémité la plus élevée; 2° sous forme de métal pur un peu au-dessous du centre; et 3° sous forme de cuivre cristallisé à sa base. Si on agite la dissolution de manière à mélanger toutes ses parties, le métal se déposera sous un aspect uniforme sur tous les points de ce pôle. Cette expérience confirme l'assertion que nous avons précédemment émise, à savoir, que l'énergie du courant étant égale, la forme sous laquelle se

présente le métal dépend toujours de la dissolutinn ; si, d'un autre côté, l'on prend une dissolution de sulfate de cuivre qu'on doit aciduler pour le rendre meilleur conducteur), et qu'on se serve d'abord d'une très-petite batterie, puis successivement de deux ou trois batteries disposées en séries, et enfin d'une batterie d'une grande puissance, on pourra obtenir, à l'aide de la même dissolution et de ces batteries d'une énergie différente : 1° le métal à l'état cristallisé ; 2° à l'état pur ; 3° à l'état de dépôt noir. Cette expérience prouve que la quantité d'électricité qui passe à travers une dissolution métallique quelconque, exerce une influence sur la nature du dépôt. Il en résulte que la différence dans la force de la dissolution exerçant une influence sur la nature du dépôt, et que l'énergie du courant électrique exerçant une influence semblable, on est forcé de conclure que pour obtenir avec certitude un dépôt métallique quelconque, on doit régler l'énergie du courant galvanique d'après la force de la dissolution. C'est là, en effet le principe fondamental, la véritable essence de l'électro-métallurgie ; et quand on considère par combien de causes l'une ou l'autre de ces conditions, et même toutes les deux, peuvent être influencées, on commence à prévoir les difficultés que l'expérimentateur doit rencontrer dans ses opérations. Ce principe s'applique à tous les métaux, et même à tous les sels de chaque métal ; mais comme chaque sel métallique varie dans son pouvoir conducteur et dans la facilité avec laquelle il cède les éléments dont il se compose, l'expérimentateur doit choisir avec soin le sel qu'il se propose d'employer dans telle ou telle opération.

147. Les lois qui président à la formation du dépôt de chaque sorte de métal paraissent être identiques, et quoique fort simples, leur découverte m'a coûté beaucoup de travail. Les propriétés dont j'ai à traiter ici sont relatives à la qualité du métal, sur laquelle diverses circonstances exercent une influence notable. Le métal réduit peut se présenter sous trois formes : 1° en poudre noire ; 2° sous forme de cristaux ; 3° sous la forme métallique possédant la ductilité et la malléabilité. Outre ces trois formes, il y en a d'intermédiaires, c'est-à-dire constituées par la réunion de plusieurs d'entre elles ; mais je n'ai point à m'occuper ici de ces dernières.

148. *Première loi.* — Les métaux sont toujours précipités sous forme de poudre noire, quand le courant électrique a assez de force, relativement à celle de la dissolution, pour que l'hydrogène se dégage librement du pôle négatif de la cellule à décomposition. Les différents aspects sous lesquels le métal réduit se présente paraissent être le résultat d'une

différence dans l'aggrégation des petites particules du dépôt. Les dépôts noirs proviennent probablement d'une grande division des particules du métal; puis, comme variété de cette masse amorphe, se présente l'état spongieux, offrant plus ou moins la couleur naturelle du métal, puis à l'état de poudre tellement impalpable, qu'on peut lui imprimer, à l'aide des doigts, toutes les formes possibles. Une autre variété de ce dépôt spongieux, consiste dans l'accumulation, çà et là, dans la masse spongieuse, de parties un peu plus dures, et cet état peut aller assez loin pour donner naissance à une variété particulière qu'on nomme dépôt sablonneux. Telles sont les variétés de dépôts pulvérulents formant la première classe des réductions métalliques, et comprenant le dépôt sous forme de poudre noire, le dépôt spongieux et le dépôt sablonneux.

La cause productrice de ces variétés paraît évidente, car l'hydrogène et le cuivre se déposent en même temps. Dans une autre partie de cet ouvrage, j'ai traité longuement de la puissance d'adhérence que ce gaz possède, et si je fais ici l'application de ce fait, nous verrons qu'il suffit pour expliquer la formation de chaque variété de l'état pulvérulent. Si l'hydrogène se dégage en grande quantité, nous pouvons comprendre facilement que ce gaz enveloppe chaque particule du métal réduit, et empêche sa cohésion avec celles qui l'environnent. Ce qui semble confirmer cette opinion, c'est que, dans cet état, malgré sa coloration habituelle, le métal acquiert une couleur entièrement noire, phénomène qui s'accorde parfaitement avec les propriétés connues de la lumière. Toute substance dans un état de division extrême, est nécessairement noire; ses molécules n'ayant pas une étendue suffisante pour réfléchir les rayons lumineux, réflexion qui, pour avoir lieu, exige une certaine étendue de surface que les physiciens ont mesurée. Si l'hydrogène se dégage en moindre quantité, on peut aisément comprendre que quelques-unes des particules du métal se réunissent ensemble pour former un dépôt spongieux, si, au contraire, la quantité de métal déposé est de beaucoup supérieure à la quantité d'hydrogène qui se dégage, on peut admettre qu'un plus grand nombre de ces particules sont réunies, et que le dépôt doit présenter plus de consistance; et enfin, si la quantité d'hydrogène produite est insignifiante, on peut comprendre pourquoi les particules de poudre sablonneuse augmentent de volume. Les métaux de toutes les couleurs et de toutes les espèces offrent un phénomène analogue; même l'argent, le platine, etc., qui d'ordinaire sont blancs, l'or

ui est jaune, et le cuivre qui est rouge, ainsi que d'autres étaux, obéissent à la même loi, tous étant, en effet, réduits us forme de poudre noire.

149. *Deuxième loi.* — Tout métal est précipité sous forme ; cristaux, quand le pôle négatif ne produit pas un dégagement d'hydrogène, ou une tendance à ce dégagement.

Quand je dis que le pôle négatif ne produit pas une tenance au dégagement de l'hydrogène, j'entends que la force e la dissolution métallique est si grande, qu'il faut que l'éctricité d'une tension plus prononcée passe, ou que la dislution devienne d'une décomposition plus facile, avant ue le gaz ne se dégage par suite de l'énergie du courant ectrique auquel on a recours.

Ceci s'accorde parfaitement avec les propriétés des corps, énéralement connues; car nous savons que quand ils se déosent lentement, ils ont chacun une tendance à revêtir une orme particulière et déterminée. Par exemple, quand un el se dépose, s'il se précipite tout-à-coup, il se présente oujours sous l'apparence d'une poudre d'une finesse extrême; mais si le dépôt se forme lentement, il offrira un spect particulier. Rien n'est plus analogue à la cristallisaion d'un sel, que la cristallisation d'un métal; car les atones de l'un et de l'autre exigent un certain temps pour se lacer dans la position propre à chacun d'eux. Les métaux, l'état cristallisé, ne sont pas généralement adoptés pour les esoins de l'industrie, parce que les facettes de chaque crisal séparé n'adhèrent point fortement aux facettes voisines: mais dans cet état, ils servent admirablement bien à recouvrir un dépôt métallique pur, car ils donnent à ce dernier in lustre, une beauté qu'on tenterait en vain de produire par tout autre moyen. Si les cristaux se forment lentement, chacun d'eux aura si peu d'adhérence avec ceux que l'avoisinent, qu'un fragment suspendu par un de ses bords se brisera immédiatement par son propre poids. On peut augmenter cette propriété à ce point que des cristaux pourront se former isolément et se déposer çà et là. Dans l'état cristallisé, la fragilité du métal semble causée par le liquide qui mouille chaque cristal séparé, et l'intervalle occupé par la couche d'eau répandue sur divers points de la texture du métal, expliquerait la faible adhérence de ses parties.

150. *Troisième loi.* — Les métaux se précipitent à l'état métallique, c'est-à-dire avec tous les caractères qui leur sont propres, quand la quantité d'électricité en rapport avec la dissolution ne suffit pas pour produire un dégagement d'hydrogène sur le pôle positif de l'auge à décomposition, et que

cependant, la quantité d'électricité est presque suffisante pour produire ce phénomène.

En effet, l'état métallique s'obtient, dans sa plus grande pureté, quand l'hydrogène arrive juste à son point de dégagement, sans que ce dégagement ait lieu au pôle positif.

151. Le métal réduit à l'état malléable et ductile, paraît devoir l'apparence sous laquelle il se présente, à ce que les particules dont il se compose, ayant été précipitées et s'étant juxtaposées, elles forment une masse régulière, qui offre souvent, sur son revers, une surface uniforme et semblable à celle qu'on observe sur la partie opposée. Ainsi, dans les manipulations électro-métallurgiques ordinaires, on voit que le même métal peut varier beaucoup dans ses propriétés; que quelquefois, par exemple, il est malléable, d'autres fois ductile, d'autres fois un peu fragile; on voit, en outre, que la densité du même métal peut varier, qu'un fragment de quelques centimètres cubes peut différer de poids avec un autre de même volume; on ne doit pas s'étonner que le métal malléable et ductile obtenu par l'électro-métallurgie, puisse varier également.

Tenter d'expliquer ces phénomènes, serait chose inutile, puisqu'ils sont au-delà des bornes des connaissances humaines, et touchent aux propriétés des atomes; car, sans aucun doute, ces différences sont produites par les variations dans l'arrangement moléculaire. Comment pourrait-on expliquer autrement la compression qui s'exerce quand on frappe un corps à coups de marteau, ou l'augmentation de volume que produit le recuit. Cependant, pour obtenir un métal à l'état malléable et ductile parfait, il faut conduire l'opération avec tant de rapidité en ce qui concerne la force de la dissolution, qu'à chaque point de la surface négative, c'est-à-dire de celle où le métal se dépose, l'action soit uniforme, et que chaque atome du métal se précipite si promptement, qu'il n'ait point le temps de se disposer en cristaux. Il y a mille circonstances qui influent sur la densité du métal malléable et ductile; ainsi, par exemple, les molécules paraissent plus rapprochées quand le métal se dépose à une température basse qu'à une température élevée.

152. Laissons cependant les théories pour ne nous occuper que des faits. En résumé : 1° dans toute dissolution d'un sel métallique, le courant électrique, lorsqu'il est simplement suffisant pour produire l'hydrogène, réduit le métal à l'état malléable et ductile; 2° le courant électrique, quand il ne suffit pas pour produire le dégagement de ce gaz, précipite le métal sous la forme de cristaux; 3° et enfin, le dépôt mé-

tallique est noir et pulvérulent quand il y a dégagement surabondant de gaz.

153. Le plus léger examen de ces faits suffira pour démontrer l'importance des deux propriétés des piles pour la production de ces divers résultats. C'est pour cette raison qu'on voit certains effets résulter de la quantité du courant, et d'autres être produits par son intensité. L'art de régler l'intensité de ce courant est de la plus haute importance ; car, d'une part, l'économie exige qu'on emploie le moins de cellules possible, et d'une autre part, dans certaines circonstances, il est nécessaire d'en employer davantage. Le fluide qu'on veut décomposer doit, autant que possible, agir sur le pôle positif de la pile. Ainsi, dans la décomposition des sels d'argent, de fer, de plomb, d'étain et de cuivre, on doit se servir, dans l'appareil à décomposition, de pôles positifs de chacun de ces métaux, ce qui permet de conduire l'opération avec une seule cellule, laquelle, avec une simple batterie, fait beaucoup de travail à peu de frais. Pendant la décomposition, les métaux employés comme électrodes positifs, sont dissous également dans la même proportion que la partie de la dissolution aux dépens de laquelle se forme le dépôt métallique. La dissolution conserve ainsi toujours la même force.

154. Le degré d'action du liquide sur les pôles positifs, ou plutôt de l'oxygène et de l'acide transportés au pôle positif, varie avec chaque sel du même métal. Pour régler l'action avec égalité, dans certains cas, on ajoute des acides d'un pouvoir oxydant plus ou moins grand, ou en plus ou moins grande quantité, à la dissolution métallique qui doit être décomposée ; une augmentation ou une diminution de température influe sur l'intensité du courant qu'exigent les différents sels, attendu qu'à une haute température, le courant passe avec plus de facilité, l'action sur le pôle positif étant, dans ce cas, plus énergique. Ces particularités seront examinées plus tard avec plus de soin. Mais je dois ajouter ici que, quand cela est possible, on ne doit employer qu'une cellule de la batterie; et, quand une seule cellule ne produit pas assez d'intensité, on peut obtenir une compensation, en ajoutant, si on veut, à la dissolution métallique un acide dont l'affinité pour le pôle positif soit plus ou moins grande ; en sorte que, au lieu d'augmenter l'intensité, on diminue la résistance.

155. Dans les cas où on emploie un anode ou pôle positif de platine, on est forcé d'obtenir une augmentation d'intensité en se servant d'une plus grande série de batteries. Alors on doit employer une quantité de cellules suffisante pour dé-

composer l'eau. Il suffit, en général, d'en employer 3 ou 4 : il n'est pas nécessaire d'obtenir une intensité plus considérable que celle qu'exige la décomposition de l'eau ; mais il faut avoir soin de bien régler la quantité de l'électricité.

156. La quantité de ce fluide qui traverse un liquide dépend, toutes choses égales, d'ailleurs, de la distance qui sépare les électrodes, de l'étendue de surface que ces derniers offrent au liquide, ou du volume relatif des uns par rapport aux autres. J'ai déjà signalé ces particularités quand j'ai traité des piles voltaïques en général. Cependant chaque variation, dans la force de la dissolution, exige une quantité différente d'électricité, attendu qu'une augmentation dans la quantité du sel métallique exige également une augmentation dans celle de l'électricité, et *vice versâ*. Cependant l'effet d'une augmentation de *quantité* électrique dans une dissolution où il n'y a pas une *intensité* suffisante pour produire beaucoup d'hydrogène, est seulement d'augmenter la quantité ou le volume des cristaux.

157. La quantité de fluide électrique qui traverse une dissolution exerce une influence curieuse sur l'état des cristaux, car il y deux variétés de ces derniers : l'une provient d'un défaut de quantité de ce fluide, relativement à la force de la dissolution ; dans ce cas, la plaque métallique qu'on soumet à l'opération semble recouverte de sable, tant la couche qui la revêt offre peu de cohésion et de consistance, et tant sa texture est fragile ; ceci tient au passage d'une faible quantité de fluide galvanique à travers une dissolution métallique concentrée. La deuxième variété de la forme cristalline des métaux provient d'une quantité d'électricité hors de proportion avec le volume de la plaque : ainsi, si on emploie un pôle positif de grande dimension, et qu'on le mette en communication avec une forte batterie de faible intensité, et si on se sert en même temps d'une forte dissolution, il y aura un dépôt de cristaux grands et fort durs.

158. Pour pouvoir faire, dans la pratique, l'application de ces lois, récapitulons les circonstances qui peuvent les faire naître. Dans ce but, je rangerai dans deux catégories l'auge à précipiter et la batterie ; et les variations qui peuvent survenir dans chacune d'elles seront classées sous deux titres différents. A proprement parler, comme la batterie et l'auge à précipiter sont réglées par les même lois, les variations qui ont lieu dans chacune d'elles devraient être identiques ; mais, dans la pratique, la classification que j'adopte paraîtra utile.

Auge à décomposition.	*Batterie galvanique.*
orce uniforme de la dissolution métallique.	Force primitive de la batterie.
empérature de la même.	Grandeur des plaques de la batterie.
onductibilité de la même.	Rapprochement des plaques.
randeur du pôle positif.	Pouvoir conducteur du fluide excitant.
randeur du pôle négatif.	Pouvoir conducteur des fils métalliques.
ayonnement entre les pôles.	Facilité offerte pour l'enlèvement du sel nouvellement formé.
approchement des pôles.	
acilité offerte à l'enlèvement du sel nouvellement formé.	

En examinant cette table, nous voyons dans l'auge à pré-ipiter huit conditions qui peuvent varier cent fois dans un eul jour, tandis qu'il n'existe que six de ces conditions dans a batterie. Quand on considère, en outre, que chacune de es conditions peut varier, mais qu'elles peuvent varier aussi lans chaque partie du liquide, on voit que les changements qui peuvent survenir dans chaque sel métallique, sont in-nombrables. Les opérations électro-métallurgiques, examinées ous le point de vue de toutes ces variations, pourraient dé-ourager les débutants ; mais au lieu de s'effrayer de tant de lifficultés, on doit plutôt se réjouir de ce que l'art de mettre es métaux en œuvre par des agents inconnus, ne sera ja-nais livré à la routine aveugle, ni à la pratique ignorante ; nais qu'elle exigera toujours l'application des facultés de 'intelligence humaine, ce qui suffit pour placer l'électro-mé-allurgie au-dessus des arts vulgaires.

Si on examine la table précédente sous le point de vue du principe fondamental de l'électro-métallurgie (l'art de pro-portionner la quantité d'électricité à la force de la dissolution nétallique), on trouve que la force de la dissolution pouvant tre fixée et rendue aussi certaine que possible, toutes les au-res conditions ne se rapportent qu'à la quantité d'électri-ité qu'on fait passer à travers la dissolution. Dans toute lissolution métallique fixe, le dépôt subit l'influence de la uantité d'électricité qui la traverse, et suivant que ces onditions varient dans l'auge de la batterie, plus ces con-litions sont marquées et plus la quantité d'électricité qui asse est grande ; moins elles sont marquées et plus la uantité de force voltaïque qui traverse la dissolution sera etite.

Dans le cas où la puissance électro-magnétique et ma-gnéto-électrique est substituée à la puissance que produit la

batterie galvanique, le dépôt obéit aux mêmes lois, et subit la même influence dans l'auge à décomposition. Quand on veut diminuer la puissance qui naît de la machine, on peut y parvenir en la faisant tourner plus lentement, et dans quelques cas en diminuant le puissance magnétique.

159. Quelle que soit la dissolution qu'on emploie, on peut augmenter le dégagement de l'hydrogène, lorsqu'on veut obtenir le dépôt de poudre noire : dans ce but, on augmente l'intensité et la force de la batterie, on diminue le volume du pôle négatif, on augmente celui du pôle positif, on rapproche les pôles ou électrodes, et enfin on élève la température. Toutes ces conditions réunies ensemble, ou utilisées séparément, favorisent l'augmentation du fluide électrique et le dégagement du gaz hydrogène.

Quel que soit le volume du pôle négatif, on peut obtenir un dépôt de poudre noire, en augmentant l'intensité et la force de la batterie, en donnant une plus grande dimension au pôle positif, en diminuant la quantité de sel métallique que contient la dissolution, en même temps qu'on ajoute une nouvelle quantité d'acide à cette dernière ; et, enfin, en rapprochant les pôles.

On peut, à l'aide de n'importe quelle batterie (pourvu toutefois qu'elle ait assez de force pour décomposer l'eau), obtenir un dépôt de poudre noire en diminuant le volume du pôle négatif, en augmentant celui du pôle positif, en rapprochant ces pôles, et en ajoutant à la dissolution un acide très-étendu.

160. Dans le but d'obtenir un dépôt cristallin avec une dissolution quelconque, on diminue la quantité d'électricité, de même que l'intensité provenant de la batterie, on augmente le volume du pôle négatif dans l'auge à décomposition, on diminue le pôle positif et on les écarte l'un de l'autre.

Pour obtenir un dépôt cristallin à l'aide d'une plaque négative quelconque, on diminue l'intensité de la batterie, en saturant avec le sel la dissolution contenue dans l'auge à précipiter et on a soin de ne pas l'aciduler. Le pôle positif peut être diminué et éloigné du pôle négatif.

On peut obtenir ce dépôt cristallin à l'aide de n'importe quelle batterie, en saturant la dissolution de l'auge à décomposition, sans addition d'acide, en augmentant le volume de l'électro-négatif, en diminuant le positif et en les séparant l'un de l'autre.

161. Cependant le point principal est d'obtenir un dépôt à l'état métallique ; à cet effet, il faut que l'hydrogène soit seulement sur le point de se dégager, ce qui est important

et difficile à atteindre. Quelle que soit la nature de la dissolution, si on trouve la quantité d'hydrogène trop abondante, on peut, ou augmenter le volume du pôle négatif, ou diminuer celui du positif, ce qui suffira dans beaucoup de cas; mais comme dans quelques circonstances on veut laisser aux deux électrodes le même volume, il faut alors diminuer la grandeur des éléments de la batterie et la force de sa charge. Quelquefois, par exemple, j'emploie ma batterie après l'avoir amorcée avec de l'eau et une très-petite quantité d'acide; quand on veut augmenter la rapidité de l'opération, on doit diminuer le dégagement de l'hydrogène en augmentant la quantité du sel métallique de la dissolution. Il suffira, dans plusieurs cas, de varier la distance d'un pôle à l'autre pour régler le dégagement de l'hydrogène.

La température de la dissolution exerce aussi une influence sur la production du même phénomène, car le fluide électrique passe avec plus de force à une température élevée qu'à une basse température.

Des modifications opposées aux précédentes sont également applicables au cas où il n'y a pas une suffisante production d'hydrogène.

En réglant la force de la dissolution métallique, et en y ajoutant plus ou moins d'acide étendu, le dégagement de l'hydrogène dans n'importe quelle pile sera parfaitement apprécié, pourvu que cette pile soit assez forte pour décomposer l'eau.

Celui qui débute dans la pratique de l'électro-métallurgie, reconnaîtra facilement que ces trois dernières instructions si étendues sont complètement inutiles à ceux qui connaissent à fond les propriétés des batteries galvaniques et la théorie des résistances, car elles ne sont qu'un sommaire de ce qui a été dit en traitant du galvanisme. Pour tout dire en un mot, quand on veut obtenir le dépôt pulvérulent, on diminue toutes les résistances au passage du fluide électrique. Quand on veut précipiter le métal sous forme de dépôt cristallin, on augmente toutes les résistances, et enfin pour obtenir un dépôt de métal malléable et ductile, on règle avec soin les résistances d'après la force de la dissolution métallique.

162. Ainsi, quelle que soit la quantité de sel en dissolution, quelle que soit la grandeur de la plaque négative, quelles que soient la température et les dimensions de la batterie, on peut arriver à obtenir un dépôt métallique sous une forme voulue. Il est vrai que ce raffinement excessif a été rarement employé pour chaque sel du même métal, cependant les principes signalés plus haut ont été prouvés à

l'égard d'un si grand nombre d'entre eux qu'on ne peut pas élever le moindre doute sur leur authenticité et leur valeur.

Le hasard a fait découvrir que, quand on laisse tomber quelques gouttes de bisulfure de carbone dans une grande quantité de certaines dissolutions, le métal, qui se dépose, prend un aspect brillant tout particulier. L'auteur de la découverte de cette propriété a pris un brevet, et plusieurs électro-métallurgistes ont reconnu qu'elle avait une grande valeur dans son application à l'industrie. La théorie de son action est complètement inconnue; mais, quand on la connaîtra, elle pourra conduire à d'importantes découvertes; elle est donc digne de fixer l'attention des expérimentateurs.

Dans les détails que j'ai donnés sur mes observations, relativement aux dépôts métalliques, j'ai supposé qu'il s'agit d'expériences faites sur des sels purs; car, si deux ou plusieurs sels sont mêlés ensemble, le dépôt se trouvera soumis aux lois dont nous parlerons en traitant des alliages.

163. Régler l'intensité du courant galvanique sur la force de la dissolution, telle sera la base de tout ce que j'avancerai dans le cours de cet ouvrage. Je ne me départirai point de cette règle, afin qu'elle se grave si profondément dans l'esprit de ceux qui se livrent à l'électro-métallurgie, qu'ils puissent diriger leurs opérations, non par le hasard, ni par une expérience aveugle, mais par des principes certains et invariables; alors, quand l'expérimentateur voudra faire des changements dans sa batterie, son auge, ou sa dissolution, il possédera les moyens de faire, suivant les circonstances, toutes les modifications qu'il jugera convenables, pour atteindre son but.

J'insisterai surtout sur ce point, qu'il faut régler aussi d'une manière uniforme, la force d'une dissolution par un mélange convenable du sel métallique dans cette dernière; alors l'opération sera couronnée de succès, la satisfaction en sera la suite; enfin, un juste bénéfice viendra récompenser l'artisan de ses travaux. Le défaut d'uniformité dans la force de la dissolution métallique embarrasse plus le débutant que toute autre difficulté, car, lorsqu'il a mêlé une dissolution d'une force déterminée, et pris les plus grandes précautions pour que les surfaces positives et négatives, se trouvent partout dans les mêmes conditions, il est tout surpris de trouver souvent, dans la même dissolution, plusieurs variétés de dépôt. Déçu dans son espoir, il est disposé à croire que l'électro-métallurgie dépend du hasard; mais, s'il examine avec attention l'état de la dissolution, il découvrira que cette variété de dépôts provient de différentes causes. Dans une

partie, il y a trop d'acide; dans une autre, il y a surabondance du sel métallique. Les rayons du soleil peuvent avoir échauffé la partie supérieure de la dissolution qui reste en place, parce que, la partie la plus chaude du liquide étant plus légère que le reste, ce peut descendre et déterminer ce mouvement circulatoire qui se produit dans les fluides qui s'échauffent. Parfois aussi, le sel métallique paraît rester stagnant à la partie la plus déclive de l'auge à décomposition, sans presque se mêler au reste de la dissolution. En décrivant les appareils électro-métallurgiques, nous avons indiqué les meilleurs moyens de régler avec uniformité la force de la dissolution. Par conséquent, nous n'insisterons pas davantage sur ce point.

164. En détaillant les lois ci-dessus, on a vu qu'à l'aide de la batterie on pouvait régler avec une grande exactitude la quantité et l'intensité du courant. Les mêmes principes s'appliquent au cas où le métal sur lequel la réduction doit avoir lieu devient pôle négatif, par rapport à un fragment de zinc contenu dans un tube poreux; mais on ne peut pas user de ce moyen avec toute la délicatesse que comporte l'emploi de la batterie.

165. La quantité d'électricité dans un appareil à une cellule peut être accrue en augmentant l'étendue du pôle zinc, en le rapprochant du pôle négatif, en diminuant autant que possible toutes les résistances qu'on rencontre par l'emploi des diaphragmes, et en augmentant l'acidité de la dissolution qui agit sur le zinc. La quantité d'électricité peut, de la même manière, être diminuée, en adoptant un procédé inverse. Dans l'emploi de l'appareil à une cellule, aussi bien que dans celui de la batterie, la force de la dissolution métallique, qui doit être décomposée, exerce son influence sur la quantité d'électricité qu'exige la réduction du métal. La même chose a lieu, que la dissolution soit neutre ou acide. Nous avons bien suffisamment fixé l'attention sur les circonstances différentes dans l'emploi des batteries, lorsque nous avons parlé des effets produits par ces circonstances. Les faits précédents suffisent à eux seuls pour montrer l'imperfection de l'appareil à une seule cellule, et la supériorité du procédé par la pile.

L'emploi du fer, de l'étain et du plomb, pour produire le courant voltaïque, doit être réglé comme celui du zinc. Dans ces cas, cependant, la force électrique qu'on développe est si faible, quand on la compare à celle produite par le zinc, qu'on n'a pas à craindre le développement d'une trop grande force, et qu'au contraire la faiblesse du courant

électrique exige qu'on facilite son passage en diminuant autant que possible les résistances qui s'y opposent.

M. Waren De La Rue a étudié, à l'aide du microscope, les caractères des dépôts obtenus par l'électro-métallurgie; ses recherches le portent à croire que ces dépôts sont tous formés de cristaux, et que l'aspect différent qu'ils présentent ne dépend que de leur plus ou moins d'éloignement entre eux. En effet, ce savant établit qu'ils sont formés d'une réunion de cristaux entrelacés, mais non pas adhérents, et laissant entre eux un grand nombre de vides. Il est certain que l'assertion de M. De La Rue est vraie dans la majorité des cas, et je crois que ces dépôts sont absolument semblables aux différentes variétés que présente la congélation. La glace, en effet, s'offre avec cette beauté, cette force et cette flexibilité qu'on lui connaît, et qui présente de l'analogie avec un dépôt métallique malléable et ductile. La glace peut encore s'offrir sous l'aspect d'une agglomération de cristaux de différentes grosseurs, et enfin elle peut se présenter sous l'apparence d'une masse informe de neige mal formée. Ceux qui spéculent sur la glace savent qu'il en existe des variétés plus compactes les unes que les autres. Cette différence dépend, sans doute, du mode d'aggrégation de leurs particules. Dans les dépôts électro-métallurgiques, les particules ont une grande tendance à se réunir vers le pôle positif, où une certaine quantité de liquide se trouve retenue entre les cristaux. Dans quelques cas, l'accroissement paraît se faire latéralement, quand le métal est poli, et alors cette aggrégation est plus complète, et on ne voit aucun cristal à sa surface.

Dans quelques-unes de mes expériences, j'ai vu des cristaux de cuivre s'avancer de plusieurs centimètres de longueur vers le pôle positif, quand j'employais des batteries d'une grande intensité; mais, en ce qui concerne l'étain et le plomb, la formation de ces cristaux est une des plus grandes difficultés contre lesquelles on ait à lutter. Cette tendance des cristaux à se diriger du pôle négatif vers le pôle positif, où le courant électrique se manifeste avec plus de force, doit engager, dans des cas semblables, à avoir des batteries d'une très-faible intensité, ou à diviser cette intensité entre une série d'auges à précipiter.

166. Il y a certaines particularités inhérentes à chaque métal, et même à chaque sel du même métal. Chacun d'eux exige des manipulations un peu différentes, qui dépendent des circonstances dans lesquelles la réduction du métal a lieu. Les variétés dans les procédés opératoires seront examinées dans le chapitre suivant.

167. Voyons maintenant l'influence que le temps exerce sur chacun d'eux. Est-il nécessaire, comme tous les auteurs l'ont dit, que la précipitation voltaïque ait lieu lentement? Les lois fondamentales qui régissent la précipitation des métaux, répondent négativement; car, si le pouvoir électrique est réglé d'après la force de la dissolution, la précipitation peut avoir lieu avec rapidité. En effet, je prouverai plus loin que la réduction des métaux peut être effectuée plus promptement qu'on ne le croirait au premier abord, parce que la précipitation est soumise aux mêmes lois, qu'elle ait lieu lentement ou rapidement; parce que la qualité du métal dépend du rapport existant entre la quantité d'électricité et la force de la dissolution métallique.

CHAPITRE IV.

De la réduction des métaux.

168. Quelles parties de la science électrique Faraday n'a-t-il point enrichies? il a accru nos connaissances à tel point et tout écrivain est forcé de prononcer si fréquemment son nom, que la répétition en devient presque fastidieuse. Quelque humiliant qu'il soit de devoir à un seul homme un si grand nombre de découvertes fructueuses, cependant, quand on arrive à décrire la décomposition électro-chimique des sels métalliques, on est forcé de lui offrir le tribut d'une juste reconnaissance pour ses travaux, sur le vaste sujet qui nous occupe, c'est-à-dire les décompositions voltaïques. Il a prouvé qu'on ne peut réduire les métaux sur le pôle négatif d'une batterie galvanique que quand la dissolution les contient dans un état de combinaison avec quelque autre substance, car, si l'on réduisait pour toujours un métal à l'état élémentaire, la puissance voltaïque ne pourrait pas le diriger vers tel ou tel pôle. Il a prouvé également que non-seulement le métal

doit être combiné dans une proportion chimique pour former un sel métallique, mais qu'il doit encore se trouver dans cet état physique particulier qu'on nomme liquidité ou solution pour que la décomposition puisse avoir lieu. Il n'est pas nécessaire sans doute que les sels eux-mêmes soient liquides, car s'ils sont dissous dans quelque autre fluide, ils céderont encore leurs éléments à la force électrique. D'après ces considérations, il est évident que quand on veut mettre en œuvre un métal quelconque à l'aide du fluide galvanique, il est d'abord nécessaire de former avec ce métal un corps composé, qui soit soluble dans un liquide. Les corps avec lesquels les métaux se combinent le plus facilement, sont : l'oxygène, le chlore, le brôme, l'iode, le soufre, le cyanogène, et dans quelques cas, même l'hydrogène. Les composés de chlore et de brôme, sont en général solubles dans l'eau et donnent naissance à cette classe de sels qu'on nomme chlorhydrates, ou hydrobromates, et qui dès leur formation peuvent être mis en usage. Les composés de l'iode sont, comme classe, insolubles par eux-mêmes, quoique avec l'hydriodate de potasse, ils forment souvent des composés solubles.

J'ai fait peu d'expériences sur les fluorures métalliques, et il est probable que l'électro-métallurgie n'y aura pas souvent recours.

La plupart des combinaisons que l'oxygène forme avec les métaux, les oxydes, sont insolubles eux-mêmes dans l'eau, mais deviennent solubles quand on les combine ensuite avec les acides, les alcalis, et certains sels neutres. Ainsi, l'oxyde de cuivre, qui est complètement insoluble, se dissout promptement dans l'acide sulfurique, dans l'ammoniaque, et dans le cyanure de potassium, etc. Si je voulais pénétrer plus avant dans ce sujet, je composerais un traité entier de chimie au lieu d'un abrégé de l'électro-métallurgie, en conséquence je n'ajouterai ici qu'une courte liste des substances qui en se combinant avec les oxydes les rendent solubles dans l'eau.

Brôme.	Ammoniaque.
Chlore.	Potasse.
Fluor.	Soude.
Acide sulfurique.	Bitartrate de potasse.
— nitrique.	Hydrochlorate d'ammoniaque
— acétique.	Hyposulfite de soude.
— tartrique.	Sulfo-cyanure de potassium.
Et presque tous les autres acides, dont le nombre est d'environ 200. . . .	Cyanure de potassium.

Les sels métalliques se forment en général de trois manières : 1° le métal lui-même est ajouté à l'acide et à l'eau; quand cette dernière est décomposée par le métal, l'hydrogène se dégage, et un équivalent égal d'oxygène se combine avec le métal pour produire un oxyde qui s'unit à son tour à l'acide pour former le sel métallique ; 2° quand le métal n'est pas de nature à décomposer l'eau, il faut ajouter l'oxyde déjà préparé à l'acide, et si cela est nécessaire, le faire chauffer à une température modérée; 3° enfin, on se sert d'une dissolution de l'acide dont on veut faire le radical du sel, et on emploie un pôle positif de grande dimension construit avec le métal qu'on veut obtenir pour former la base du sel, on le place à la partie inférieure du liquide, on met en communication avec le pôle argent (s) fig. 29) d'une série de batteries, 2, 3 ou 4 suivant les circonstances. Pour pôle négatif, je me sers d'un petit fragment de métal que je fais communiquer avec le pôle zinc de la batterie (z). On arrive ainsi à obtenir promptement une dissolution saline convenable; car le métal étant dissous reste principalement à la partie inférieure du liquide, tandis que l'hydrogène se dégage du pôle négatif. Peu de temps après, un peu de poudre noire se montre au pôle négatif, mais à mesure que la saturation de l'acide augmente, un dépôt spongieux remplace le dépôt noir et pulvérulent, puis le dépôt sablonneux succède au dépôt spongieux. Alors, si la dissolution est destinée à quelque opération électro-métallurgique, on peut arrêter là l'expérience, car on peut être parfaitement certain, vu l'étendue du pôle positif comparée au négatif, que la dissolution est suffisamment saturée.

Quelquefois, je varie la disposition de l'appareil par l'emploi d'un diaphragme dans l'auge à décomposition, en mettant l'acide et le pôle positif d'un côté, et le pôle négatif de l'autre, avec un peu d'acide pour rendre le liquide conducteur. Le gobelet coupé en deux et déjà figuré (fig. 11), peut remplir parfaitement le but. Quelquefois, au lieu d'un acide, j'emploie un élément dissous dans l'eau, tel que l'iode, le chlore, le brôme; d'autres fois je me sers d'un sel neutre, dont l'acide s'unit avec le métal, tandis que l'alcali se porte au pôle négatif. Je préfère, quand il se peut, employer un élément ou un acide dissous dans l'eau, au lieu d'un sel neutre, car avec ma batterie j'ai trouvé difficile de faire circuler l'alcali.

La fabrication des sels à l'aide du fluide voltaïque, entraîne en général plus de frais, que les procédés dont on se sert ordinairement. On ne doit donc pas y recourir pour la fabri-

cation en grand, surtout quand le métal n'a que peu de valeur. Cependant quand on veut obtenir un sel parfaitement pur, un sel provenant d'un métal de prix ou un sel difficile à se procurer par les procédés ordinaires, alors l'emploi de la batterie devient nécessaire et dans des cas semblables elle offre de l'économie, de la facilité, de la rapidité, et de la perfection dans les produits.

La dissolution des oxydes dans les alcalis s'opère de la même manière que les mêmes dissolutions dans les acides; ainsi on peut les obtenir en faisant macérer le métal dans de l'alcali (procédé qu'il faut cependant rejeter dans la pratique à cause de sa lenteur et de l'ennui qu'il occasionne). On peut encore obtenir ces dissolutions en ajoutant aux alcalis, les oxydes récemment précipités; enfin on peut les obtenir, en se servant du métal comme pôle positif dans l'alcali, et en le faisant communiquer avec une batterie galvanique. On doit, en général, préférer le second procédé, quoique le dernier soit très-convenable.

On forme les composés de l'oxyde d'un métal avec les sels, en les faisant macérer dans une dissolution de sel, ou en se servant du métal, comme un pôle positif qu'on plonge dans leur dissolution. Les composés des oxydes métalliques avec le bitartrate de potasse et l'hydrochlorate d'ammoniaque, sont des exemples bien connus de cette classe de composés.

Il existe une classe particulière de composés qu'on peut rapprocher de la dernière division des composés métalliques qui précèdent, et dans laquelle le métal combiné avec le bicarbure de nitrogène, ou cyanogène, forme un acide qui, lorsqu'il s'unit avec un alcali produit un véritable sel. La combinaison du fer, du cyanogène et du potassium est connue depuis très-longtemps sous le nom de ferro-cyanure de potassium. Quelques savants, considèrent ce sel comme un double cyanure de fer et de potassium, mais il est probable que le fer et le cyanogène forment un élément distinct, tout-à-fait analogue aux éléments primitifs, chlore, iode ou brôme.

Si on substitue au fer l'un de la plupart des métaux, il se formera un composé analogue. Ainsi, avec l'argent on obtiendra un argento-cyanure, avec l'or un auro-cyanure, avec le nickel un nickello-cyanure. La décomposition électro-chimique de toutes ces substances offre cela de particulier que, dans certains cas, des résultats divers peuvent être obtenus. Si on met de la potasse du côté positif d'un appareil muni d'un diaphragme, elle se portera au pôle négatif, où il se dégage aussi de l'hydrogène; tandis qu'au pôle positif l'oxygène est absorbé et il se forme un composé particulier qui

e décompose de suite en un cyanure du métal contenu dans liquide. Prenons pour exemple la décomposition du zinco-yanure de potassium : si une dissolution de ce corps est pla-ée du côté positif d'un appareil à diaphragme, la potasse porte au pôle négatif, tandis qu'un composé probablement n zinco-cyanure reste au pôle positif, et se transforme nmédiatement en cyanure de zinc. La décomposition élec-o-chimique du ferro-cyanure de potasse est semblable à elle des métaux ci-dessus mentionnés.

J'ai fait allusion au ferro-sesquicyanure de potassium en aitant des décompositions électro-chimiques; mais sir John erschell l'ayant employé à l'aide d'un des procédés les plus légants et les plus délicats de la photographie, je m'y ar-êterai avec quelque détail. La dissolution du sel jaune qui eut être entièrement ou presque entièrement saturée, est lacée dans un large tube poreux, dans lequel on fait péné-er un pôle de platine aussi volumineux que possible. J'em-loie en général, dans ce but, toutes les rognures de zinc ue je puis me procurer (fig. 30), et je les fixe ensemble à aide d'un fil de platine, le but étant de mettre le pôle en ontact avec autant de liquide que possible. On place le tube oreux dans une cruche contenant de l'eau commune et n grand électrode négatif en cuivre; quand le platine est nis en communication avec l'argent de la batterie composée qui ne doit pas avoir moins de quatre cellules), et le cuivre vec le zinc, la moitié d'un équivalent de potasse se trans-orte dans le vase extérieur, et l'hydrogène se dégage, andis que l'oxygène est absorbé du côté du platine, et du erro-cyanogène est mis en liberté, lequel se combinant avec e sel jaune, forme un ferro-sesquicyanure de potassium. Je 'ai pas pu déterminer d'une manière satisfaisante si d'au-res sesquicyanures métalliques analogues peuvent se former e la même manière, car la grande difficulté consiste dans incertitude attachée à la formation d'un sel nouvellement écouvert, puisqu'on peut l'obtenir et ne pas savoir qu'on obtient.

Quand le cyanure métallique est mis du côté négatif d'un ppareil à diaphragme, le métal lui-même est réduit; ainsi, ans un cas, on fait passer le métal au pôle positif de pla-ne, et dans l'autre au pôle négatif de platine.

Lorsqu'on soumet au galvanisme le ferro-cyanure de po-isse jaune dans une cellule poreuse, une partie se trans-orme en prussiate rouge, et l'autre reste à l'état de prus-ate jaune. Si on fixe un fragment de platine de chaque ôté, le sel jaune devient positif à l'égard du sel rouge, état

que je crois analogue à la disposition des cellules de la torpille, avec cette différence que chez cet animal le sang artériel remplit le rôle des prussiates de potasse (fig. 31).

Quand le cyanure métallique est simplement soumis au courant galvanique entre les électrodes de platine, le métal est réduit, et comme le résultat varie suivant les métaux dont on se sert, je me réserve d'en parler avec détail, quand je traiterai de chacun d'eux en particulier, et de fixer l'attention sur ce qui se rattache spécialement à l'électro-métallurgie.

Quand le cyanure métallique est soumis à l'action du courant, le pôle positif étant de même nature que le métal du cyanure, ce métal, le plus ordinairement, est réduit du sel dont il faisait partie, et il se trouve remplacé par le pôle positif qui se dissout; dans la plupart des cas, cependant, le métal n'est pas réduit, mais un sel se forme par la combinaison du cyanure métallique et du métal dissous, la potasse se portant au pôle positif.

Tel est un court aperçu des propriétés générales des cyanures métalliques. Nous avons à examiner maintenant le mode de préparation de cette classe importante des sels, et j'ajoute que les méthodes suivies pour les obtenir sont nombreuses. Le moyen le plus facile, et le plus ordinairement employé pour leur préparation, consiste à faire bouillir l'oxyde d'un métal avec le cyanure de potassium; mais on peut aussi se les procurer en ajoutant une dissolution de cyanure de potassium à une dissolution du sel du métal qu'on veut obtenir, toutefois, en pareil cas, un sel étranger salit toujours la dissolution. Un des meilleurs procédés pour la préparation des cyanures métalliques consiste à faire du métal le pôle positif d'une dissolution de cyanure de potassium. On peut aussi les préparer en mettant tout simplement le métal lui-même dans la dissolution de cyanure de potassium, où l'on verra se former lentement ce sel curieux. L'or et le platine peuvent également former des cyanures à l'aide de cette dernière méthode, surtout dans cette partie de la dissolution qui se trouve en contact avec l'air, lequel paraît favoriser la combinaison (peut-être est-ce en produisant un courant galvanique, et en aidant ainsi à la dissolution du métal). Quelques cyanures métalliques peuvent s'obtenir en faisant bouillir l'oxyde d'un métal avec du ferro-cyanure de potassium, mais c'est là un procédé défectueux. Les cyanures métalliques peuvent encore se préparer en faisant chauffer ensemble de la potasse, de la matière animale desséchée et le métal; la matière animale fournit du carbone et du nitrogène, pour

rmer le cyanogène qui s'empare de la potasse, et du métal ur former le cyanure métallique. Ce procédé, avec de lé- res modifications, est généralement employé dans l'indus- e pour obtenir le ferro-cyanure de potassium, qui se fabri- ie en grand. J'ignore si le même procédé est employé pour s autres métaux; mais il est probable que d'autres cyanu- s métalliques de potassium, ou de sodium, pourraient être btenus de la même manière.

Quand on soumet les cyanures métalliques à l'action du urant galvanique, on les voit souvent, chose remarquable, evenir pôle positif et s'emparer de l'oxygène. Ainsi, si on nploie une dissolution d'auro-cyanure de potassium et un île d'or, il se dépose une plus grande quantité d'or au pôle égatif qu'au pôle positif. J'ai reçu une douzaine de lettres ui m'étaient écrites par des expérimentateurs qui me signa- ient ce fait et qui, n'en connaissant pas la cause, croyaient voir découvert la pierre philosophale.

Le cyanure de potassium dont il a été si souvent question n traitant des cyanures métalliques peut s'obtenir de plu- eurs manières. On peut se le procurer en chauffant au rouge bscur le ferro-cyanure de potassium jaune, dans un vase de er couvert, puis on filtre et on fait évaporer rapidement. L'objection qu'on oppose à ce procédé, c'est que, à défaut d'une attention bien soutenue, la totalité du ferro-cyanure n'est point décomposée, circonstance qui diminue sa valeur our les usages de l'électro-métallurgie. Cependant en fai- ant bouillir le résidu incandescent avec de l'esprit-de-vin, l paraîtrait qu'on parvient à vaincre cette difficulté, attendu que le ferro-cyanure est complètement insoluble dans cette menstrue, tandis que le cyanure à cette température se dis- out facilement et se dépose facilement par le refroidisse- ment.

Il existe cependant un procédé préférable aux précédents our obtenir ce sel et qui consiste à faire passer tout sim- lement l'acide hydrocyanique à travers du potassium. Quoi- ue les procédés pour préparer cet acide soient très-nom- reux, il n'en existe qu'un seul qu'on puisse employer pour a fabrication en grand, nous voulons parler de sa prépara- on par le ferro-cyanure jaune à l'aide de l'acide sulfurique. oici comment on s'y prend : On fait dissoudre une quan- ité quelconque de sel jaune dans cinq fois environ son poids eau, on verse cette dernière dans une cornue ou tout autre se et on y ajoute une quantité d'acide sulfurique étendu, 'un poids double de celui du sel, et étendu de trois ou uatre fois la même quantité d'eau; une tubulure se rend

du col de la cornue à un récipient qui doit être maintenu à une température aussi basse que possible ; pour les petites opérations, les bouteilles de Florence (1) sont extrêmement utiles et remplissent parfaitement le but ; un tuyau recourbé est alors joint par l'une de ses extrémités à l'orifice de l'une d'elles, et l'autre extrémité va s'ouvrir dans le deuxième récipient ; on doit employer la chaleur avec précaution à l'aide d'une lampe d'Argant, et l'on place un petit bain de sable sous la bouteille, ce qui favorise la décomposition du sel par l'acide. Il se forme alors de l'acide prussique qui parcourt la tubulure pour se rendre au récipient qu'on emplit de potasse liquide ; quand la potasse est saturée, l'opération est terminée. Les Allemands recommandent l'emploi d'une forte dissolution alcoolique de potasse qu'on verse dans le deuxième récipient, car dans ce cas, l'acide hydrocyanique ou prussique se combine avec la potasse en formant un hydrocyanure de potasse, ou, abstraction faite de l'eau, un cyanure de potassium qui se précipite spontanément, dès que la saturation du liquide a lieu, le cyanure étant insoluble dans l'alcool concentré. Le ferro-cyanure de potasse peut être considéré comme formé de trois équivalents d'acide hydrocyanique, deux de potasse et un de fer ; mais, malheureusement nous ne pouvons obtenir que la moitié de l'acide qui fait partie du sel, ce qui est dû à la formation d'un composé pendant sa décomposition, composé qui résiste à l'action de l'acide. La décomposition de ce sel, exigeant deux équivalents ou environ six grammes en négligeant les fractions, produirait trois équivalents ou 1gr.50 d'acide hydrocyanique ou prussique, capable de former 2gr.50 environ de cyanure de potassium, tandis que dans la cornue il resterait 5gr.95 ou trois équivalents de bisulfate de potasse et un équivalent ou 2gr.03 d'un composé particulier qu'on dit contenir trois équivalents de cyanogène, un de potassium et un de fer.

(Pereira.)

Il est évident, que sans la formation de ce dernier composé, on pourrait doubler la quantité d'acide hydrocyanique tiré du sel jaune. La théorie de la décomposition ci-dessus décrite, est celle généralement acceptée comme réelle, cependant il ne faut pas trop compter sur son exactitude, car l'analyse des divers composés est chose trop difficile pour qu'on en admette complètement les résultats. Le résidu qui reste dans

(1) Vulgairement fioles à médecine ; elles ont la forme des *ballons* employés dans la chimie.

cornue ne tarde pas à devenir bleu et peut être considéré comme du bleu de Prusse, ou rangé dans la même famille que lui. Cette opération n'est pas facile à conduire, car l'acide hydrocyanique qui se forme adhère si fortement au récipient, que les bulles, au lieu de se dégager librement, s'échappent avec violence et même avec explosion au point de briser quelquefois le récipient. On peut remédier jusqu'à un certain point à cet inconvénient en introduisant dans le récipient une grande quantité de rognures de platine ce qui favorise le dégagement du gaz, si l'on avait des rognures de platine platinisé, ce serait encore préférable. Il faut que tous les points de la surface du récipient soient également échauffés, et la flamme ne doit point exercer son action sur un seul point isolé. L'industrie fabrique en grand des cornues en verre à bouteilles et en grès.

Maintenant un mot d'avis aux débutants ; il faut qu'ils se souviennent que quand ils manipulent l'acide hydrocyanique, ils ne doivent point opérer dans une chambre close, les vapeurs qui s'en élèvent étant aussi délétères que la dissolution même de cet acide ; en outre, il faut toujours se munir d'un flacon d'ammoniaque ou de chlore qu'on tiendra près de soi, afin que si on vient à respirer une quantité trop considérable de ces vapeurs toxiques, on ait le contre-poison a sa portée.

Pereira prétend qu'un peu d'acide sulfurique ou d'acide hydroferro-cyanique passe dans le récipient extérieur ; mais il est probable que cette quantité, qui passe, n'aurait aucune fâcheuse influence sur les opérations électro-métallurgiques. Autrement, on ferait tout aussi bien d'employer l'appareil de Woulff, et de rejeter le sel formé dans le premier récipient. Pour le fabricant en grand, une chose à considérer, c'est, si quelque autre cyanure métallique, formé de la même manière que le ferro-cyanure, ne pourrait pas être plus avantageusement employé, attendu que le résidu du procédé, précédemment décrit, contient une grande quantité de cyanogène que l'acide est incapable de mettre en liberté.

Il y a d'autres moyens de se procurer l'acide prussique, outre celui que nous avons si longuement décrit; mais ils entraînent plus de frais. Le seul procédé que je signalerai maintenant est celui dans lequel on l'obtient à l'aide du bicyanure de mercure. Le bicyanure de mercure lui-même se prépare en faisant macérer du peroxyde de mercure dans du bleu de Prusse ; le peroxyde de mercure s'empare de tout le cyanogène du bleu de Prusse, et les oxydes de fer se pré-

cipitent au fond du vase. On peut évaporer la dissolution jusqu'à siccité, puis on fait dissoudre une partie du sel dans six parties d'eau; on ajoute ensuite une partie d'acide muriatique, et on distille la dissolution; alors, tout l'acide hydrocyanique se dégage et se rend dans une dissolution de potasse, et forme, comme dans le premier procédé, du cyanure de potassium.

Ce procédé, quoique plus facile à suivre que l'autre, est plutôt considéré comme une ressource dans quelques cas déterminés, que comme un moyen à suivre dans la fabrication en grand. La seule objection qu'on puisse lui faire, ce sont les frais qu'il entraîne; mais ce n'en est pas une quand il s'agit d'en préparer de petites quantités.

Dans cette rapide esquisse des procédés mis en usage pour obtenir les sels, nous avons négligé les détails minutieux de leur manipulation; et nous n'avons insisté que sur les points dont la connaissance est indispensable pour la pratique de l'électro-métallurgie. C'est ce qui explique la longue description que nous avons faite du cyanure de potassium, tandis que nous avons négligé de parler en détail d'autres corps aussi importants et d'un usage plus étendu, comme l'acide sulfurique, muriatique, etc., qui se trouvent en abondance dans le commerce.

Les ouvriers doivent éviter, quand ils emploient les dissolutions de cyanure de potassium, d'y plonger leur bras, attendu qu'ils seraient susceptibles de voir naître à la surface de la peau des éruptions douloureuses.

169. Jusqu'ici, nous avons décrit les espèces de composés qu'on peut employer pour la réduction des métaux, et leur préparation en général; nous avons traité aussi des lois qui régissent la réduction des métaux, sous différentes formes, les corps sur lesquels cette réduction peut avoir lieu, des divers appareils à mettre en usage; enfin, des différentes formes de batteries, de leurs propriétés et de leur maniement; nous sommes donc actuellement en état d'étudier la manière exacte de réduire chaque métal de ses composés solubles.

Examinons d'abord la réduction du platine. Il n'y a pas beaucoup de composés de ce métal. Les principaux sont le chlorure de platine et les composés de chlorure de platine avec un alcali. On prépare le chlorure de platine en faisant digérer ce métal dans de l'acide hydro-chloro-nitrique, lequel consiste en une partie d'acide nitrique concentré pour deux parties d'acide chlorhydrique. Cette dissolution, évaporée jusqu'à siccité, à une chaleur modérée, donne du chlorure de platine. Ce sel est un excellent conducteur du fluide galva-

nique, et pourrait être employé avec beaucoup de succès dans la batterie de Daniell, au lieu de sulfate de cuivre, si le prix en était moins élevé. On doit préférer ce sel, quand on veut obtenir un dépôt de poudre noire de platine; s'il est acide, il faut déployer une grande habileté pour en retirer une nouvelle quantité de dépôt.

On doit préférer l'appareil à une seule cellule en zinc, quand on veut obtenir le dépôt noir. Ce dernier peut être obtenu également à l'aide de l'appareil à décomposition de batteries composées, en faisant usage de 5 ou 6 cellules de la batterie amorcée avec un acide de force ordinaire, et en mettant un grand pôle positif en platine dans l'auge. Malheureusement, l'oxygène se dégage toujours au pôle positif, attendu que le platine ne se dissout pas, si ce n'est à un faible degré, et une nouvelle quantité de chlorure de platine doit être ajoutée, à chaque instant, pour conserver la force de la dissolution métallique. Ceci s'applique à tous les sels de platine; car, jamais le pôle positif n'éprouve une action suffisante pour remplacer le métal réduit de la dissolution qui le contient. Pour obtenir le dépôt métallique pur de platine de cette dissolution, il faut, bien entendu, vaincre les résistances sur tous les points du circuit; il faut débuter par l'emploi d'une très-petite batterie, faiblement amorcée, et mettre dans l'auge un fil positif très-fin, réuni à une très-forte dissolution de chlorure de platine. Une battérie composée, en rognures de zinc, convient parfaitement pour obtenir le dépôt métallique pur; les petits verres dont se compose la batterie représentée fig. 32, ne doivent pas contenir plus de 30 grammes de liquide, et quatre d'entre eux, disposés en série, suffiront amplement.

Au fond de chaque verre, on met un peu de mercure contenant un fragment de zinc; on plonge ensuite dans le mercure un fragment de fil d'argent amalgamé, ou revêtu d'une couche de substance non conductrice dans toute son étendue, à l'exception de son extrémité; ce fil va s'unir à un petit fragment d'argent platiné dans le récipient voisin. Le premier fragment d'argent, et le dernier de zinc de la série, sont unis à un vase plein de mercure, pour permettre d'établir facilement la communication des métaux entre eux. Dans la batterie représentée ci-dessus, les extrémités sont laissées libres. On amorce les batteries avec de l'acide sulfurique étendu, on met en communication un fil de platine très-fin avec l'argent terminal de la batterie, et on fait communiquer l'objet, qui est destiné à recevoir le dépôt de platine, avec le zinc terminal. Cette dissolution de platine ne peut

supporter qu'un faible courant, quand on veut obtenir le dépôt métallique pur. L'oxygène et le chlore se dégagent avec abondance du fil positif de platine, qui ne doit pas être plongé de plus de 15 millimètres dans la dissolution, et souvent il suffit que cette immersion soit faite à 4 ou 2 millimètres de profondeur. Si la dissolution de chlorure de platine est forte, les vapeurs du chlore finiront par remplir toute la pièce où se fait l'expérience.

Le chlorure de platine forme des sels doubles avec différents alcalis. L'ammonio-chlorure et le potassio-chlorure sont insolubles; mais le sodio-chlorure de platine, ou plus exactement le platino-chlorure de soude, est très-soluble dans l'eau. C'est là un excellent composé, et peut-être celui qu'on doit préférer pour la réduction des métaux à l'état métallique pur, le mode d'opération étant exactement semblable à celui du sel précédemment décrit. En effet, c'est peut-être le meilleur sel qu'on puisse employer en électro-métallurgie, et comme presque aucun des métaux ne réduit spontanément le platine en dissolution, ils peuvent tous être employés indifféremment comme pôle négatif. Je n'ai point étudié la décomposition électro-chimique du sulfure de platine; on prétend qu'il forme un sel soluble.

Si on ajoute de l'hydriotate de potasse à une dissolution de chlorure de platine, il se forme un précipité qui est soluble dans un excès de ce même précipité La dissolution, par suite de la présence de l'iode, acquiert une couleur noire foncée. On neutralise l'iode par un peu de potasse. C'est un sel peu avantageux pour l'électro-métallurgie, particulièrement quand on veut obtenir un dépôt métallique pur.

Quelques auteurs ont décrit un platino-cyanure de potassium, mais il paraît qu'il est très-difficile à obtenir; en effet, on ne peut le préparer ni à l'aide du galvanisme, ni en l'immergeant dans le cyanure. Si on ajoute du chlorure de platine au cyanure de potassium, plusieurs changements s'opèrent, mais je n'ai pu parvenir à en tirer un parti avantageux pour l'électro-métallurgie. On peut former un hyposulfite de platine en ajoutant de l'hyposulfite de soude ou de potasse au chlorure de platine, mais c'est là un corps qui ne peut être d'aucun avantage pour l'électro-métallurgie.

L'équivalent de platine étant 99, on obtient trois fois plus de poids pour l'équivalent de puissance que l'on ne pourrait le faire avec le cuivre, ou trois fois plus que le zinc dissous dans chaque cellule de la batterie; mais comme on ne sait pas le moyen d'obtenir un dépôt de platine pur au pôle positif (du moins une quantité de ce dépôt qui puisse être uti-

sée), on ne peut pas employer une batterie à une cellule, mais il faut recourir à une série de trois ou quatre pour parvenir à ce résultat. Si nous recourons à notre équation pour établir le prix de revient du platine réduit, nous trouvons que le platine en dissolution valant 25 francs les 500 grammes, la valeur de la puissance qu'on doit ajouter à ce chiffre n'irait qu'à 1fr.10; mais si on pouvait employer avec avantage l'appareil à simple cellule, la puissance galvanique capable de produire ce résultat ne coûterait que 40 centimes Ce point de vue de la question offre tant d'attraits, que quelque fabricant de platine s'empressera sans doute d'adopter ce procédé sur une vaste échelle, afin de savoir si l'électro-métallurgie n'est pas supérieure à la méthode de Wollaston pour mettre ce métal en œuvre. Le premier procédé comme nous l'avons vu, exige une batterie de peu de valeur, l'autre est onéreux et compliqué, en sorte qu'en établissant le travail que nécessite chacun d'eux, le temps qu'ils exigent, et la qualité du métal réduit étant une fois connue dans la fabrication en grand, la question pourrait être résolue d'une manière satisfaisante.

170. L'or devient soluble par sa combinaison avec différents corps : les chlorures, brômures, iodures, cyanures et autres composés de ce métal, méritent chacun une attention spéciale.

On peut préparer le chlorure d'or de plusieurs manières : en faisant passer un courant de chlore dans de l'eau contenant en dissolution de l'or dans cet état de division, nommé par les essayeurs or moulu. Cependant cette méthode est rarement suivie pour obtenir une dissolution de ce sel, attendu que le métal est plus facilement attaqué par la puissance dissolvante de l'eau régale (composée de 1 partie d'acide nitrique et de 2 parties d'acide hydrochlorique) ; on met l'or dans trois ou quatre fois son poids de cet acide, et une douce chaleur vient favoriser l'opération. Dans ce cas, l'acide nitrique étant un composé très-oxygéné, et l'acide hydro-chlorique contenant de l'hydrogène, ils réagissent mutuellement l'un sur l'autre ; il se dégage du gaz nitreux, il se forme de l'eau, et du chlore est mis en liberté, lequel se combine avec l'or pour former un chlorure; par ce procédé opératoire, le composé est toujours acide; on enlève cette acidité en le faisant évaporer avec soin ; alors, pendant le refroidissement, des cristaux se déposent. Si la chaleur est trop forte, une partie ou la totalité de l'or se dépose à l'état métallique, et on sera forcé de le dissoudre de nouveau. Quand on a vaincu cette difficulté et obtenu un chlorure du métal, on

reconnaîtra que ce chlorure est un sel très-soluble et un excellent conducteur. On peut réduire ce sel à l'aide d'un appareil à une cellule (qu'on n'emploie pas cependant quand il s'agit d'opérer avec de l'or), ou à l'aide de l'appareil à batterie. Dans les deux cas, l'hydrogène paraît avoir une grande tendance au dégagement, et c'est pourquoi le dépôt de poudre noire se forme facilement. Pour l'obtenir à l'état métallique pur et brillant, il est nécessaire d'augmenter les résistances. Par l'emploi d'un pôle de platine très-fin, qui fournit la plus grande somme de résistance au courant voltaïque, j'ai obtenu une dissolution de ce sel, entièrement décolorée, et de plus un dépôt de métal pur et brillant. Cependant on connaît aujourd'hui des sels qui sont préférables pour atteindre plus promptement ce but. Si on emploie l'appareil à batterie, on peut alors se servir d'une série de trois batteries, et même plus, avec un fil de platine fin. Si on plonge un pôle positif en or dans cette dissolution, il s'en dissout une petite quantité, mais il fournit une résistance aussi forte au passage du courant voltaïque, qu'un fil en platine, l'oxygène paraissant avoir plus de tendance à se dégager qu'à se combiner avec le métal. Cette dissolution d'or est décomposée par presque tous les métaux et offre des inconvénients sous ce rapport; le carbone et le platine seuls n'ont pas d'action sur elle.

Le brômure d'or peut se préparer facilement en ajoutant un peu de brôme à l'or moulu des essayeurs, en le laissant séjourner quelque temps dans l'eau, ou en aidant à son action par une douce chaleur. Il forme un sel d'une belle couleur cramoisie éclatante, mais dans ses propriétés générales, il est exactement semblable au chlorure, excepté, peut-être, qu'il agit un peu plus promptement sur le pôle positif en or qu'on y plonge.

Le chlorure d'or est soluble dans l'éther et a été souvent employé sous cette forme pour dorer les canifs et d'autres objets en acier, par la simple immersion. On peut l'employer, mais il n'offre aucun avantage particulier pour l'électro-métallurgie. Le cuivre et l'argent réduisent rapidement le métal de cette dissolution. J'ai essayé de dissoudre le chlorure dans l'huile de naphte, dans l'huile de térébenthine, dans les huiles essentielles et dans d'autres liquides, pensant qu'à l'aide de ces menstrues on pourrait diminuer sa conductibilité, mais malheureusement l'or se réduit lentement par le simple contact de ces substances.

On peut obtenir l'hyposulfite d'or en ajoutant de l'hyposulfite de soude ou de potasse au chlorure d'or. La dissolution, quoiqu'elle ne soit pas décomposée par le cuivre ou

l'argent, ne remplit pas bien le but qu'on se propose, attendu que le dépôt d'or est susceptible de s'écailler à la surface de l'objet, et il semble que quelque autre corps se soit réduit en même temps que lui. L'or se dissout quand il devient pôle positif dans cette dissolution.

Le chlorure d'or forme des sels doubles avec certains alcalis, particulièrement avec la soude et la potasse ; on les prépare en ajoutant tout simplement l'alcali au sel métallique. On pourrait employer ces composés pour les besoins de l'électro-métallurgie, attendu que le cuivre et l'argent ne les décomposent pas immédiatement, et peuvent être par conséquent employés comme pôles négatifs. Cependant, ces composés sont de beaucoup inférieurs à l'auro-cyanure de potassium, et l'or réduit qui en provient, offre souvent l'aspect de l'or brun des essayeurs. Quelquefois, on peut ajouter de la magnésie ou de la chaux, avec avantage, à la dissolution de chlorure d'or.

Si on ajoute une dissolution d'iodure de potassium à une dissolution d'or, il se forme un précipité d'iodure d'or qui se dissout dans un excès de ce précipité. Il faut alors recourir à une addition de potasse qui puisse se combiner avec l'iode qui pourrait être mis en liberté par l'acide dans le chlorure d'or. Un pôle positif en or se dissout légèrement dans cette dissolution ; mais il offre l'inconvénient de céder une partie du métal qui le compose, à l'argent, en vertu de l'affinité élective ; sans cette circonstance, on pourrait en faire usage, quoique ce ne soit pas la dissolution à laquelle on doive donner la préférence pour les opérations électro-métallurgiques.

Le sulfo-cyanure d'or est insoluble dans l'eau, mais se dissout assez promptement dans le sulfo-cyanure de potassium (1). Il offre l'avantage de n'être pas décomposé par le cuivre ou l'argent. Une plaque d'or se dissout assez promptement, quand elle est placée comme pôle positif dans le liquide. Elle peut se décomposer de toutes les manières que nous avons si fréquemment indiquées.

Nous allons traiter maintenant du sel d'or qui offre le plus d'intérêt pour l'électro-métallurgiste : nous voulons parler de l'auro-cyanure de potassium. Il fut employé pour la première fois par Elkington, dont nous avons amplement fait connaître les découvertes, dans notre histoire de l'électro-

(1) Le sulfo-cyanure de potassium est un sel fort ennuyeux à préparer ; mais M. Low, le célèbre inventeur breveté du gaz de naphte, m'informe qu'on en rejette de grandes quantités dans les résidus de la fabrication de ce gaz.

métallurgie. C'est un sel à peu près analogue au ferro-cyanure de potasse ; on le prépare facilement, de différentes manières. On peut l'obtenir en mettant tout simplement un fragment d'or pur dans une dissolution de cyanure de potassium ; mais ce procédé exige du temps. On peut aussi le préparer en prenant un fragment d'or pur, dont on se sert comme pôle positif dans une dissolution de cyanure de potassium, en ayant soin d'employer en même temps un pôle négatif de petite dimension. Un autre mode de préparation de ce sel est celui que beaucoup de personnes préfèrent pour sa préparation en grand. Il consiste à faire bouillir de l'oxyde d'or pendant une demi-heure, dans une dissolution de cyanure de potassium ; on décante alors la liqueur qui est propre à l'usage, tandis que l'oxyde d'or qui reste est conservé avec soin. Je préfère, de beaucoup, le second procédé aux deux autres ; car, par l'emploi d'une forte batterie, on en peut obtenir une grande quantité en quelques minutes ; et l'on n'a besoin que du métal lui-même, et non de son oxyde, dont la préparation seule exige plus de peine et de temps que celle du sel lui-même par le galvanisme. J'ai décrit si longuement, ailleurs, le moyen d'obtenir les sels par la voie du galvanisme, que je n'en dirai rien ici. Qu'on se souvienne seulement qu'il faut se servir d'une forte batterie, d'un pôle positif étendu et d'un petit pôle négatif. Il existe encore d'autres moyens de produire ce sel ; ainsi on l'obtient en ajoutant tout simplement un sel soluble d'or, tel que le chlorure, à la dissolution de cyanure de potassium, ou en faisant digérer un composé insoluble d'or, tel qu'un sulfure, dans la même dissolution. Pour obtenir ce sel, on peut encore faire digérer l'oxyde d'or dans une dissolution de ferro-cyanure de potasse ; dans ce cas, la présence d'une petite quantité de ce dernier sel n'a pas grand inconvénient ; mais, cependant, il vaut peut-être mieux employer le sel métallique pur.

L'auro-cyanure de potassium, une fois formé, est propre aux usages de l'électro-métallurgie, et il importe peu qu'il contienne une petite quantité de potasse libre ou un peu de cyanure de potassium. On peut donner à la dissolution le degré de saturation qu'on veut. On doit préférer, cependant, celle qui est le plus concentrée, attendu que ce sel est celui qui convient le mieux pour obtenir un dépôt métallique pur. Le dépôt peut être obtenu à l'aide de l'appareil à une cellule, en ayant soin de se servir d'un pôle zinc de grande dimension. Cependant, il ne faut pas recourir à ce procédé, attendu que, par son emploi, on réduirait l'or de la dissolution, et le cyanure de potassium serait perdu. Parmi

les procédés dans lesquels on se sert de la batterie, la batterie composée, munie d'un pôle positif en platine, peut être employée ; mais on fera bien de ne point y recourir, à moins que ce ne soit dans des cas exceptionnels. Le procédé où on emploie une batterie avec un pôle positif en or doit surtout être préféré pour agir sur ce sel. Règle générale, le pôle positif en or doit offrir à peu près la même dimension que le pôle négatif, c'est-à-dire celui du côté duquel l'or réduit doit se déposer. Une seule batterie suffit, en général ; car l'or s'attache à l'argent platiné, et l'objet qui doit recevoir le dépôt s'attache au zinc. Souvent on se contente d'une très-petite batterie, un fil d'argent platiné étant suffisant quand il s'agit d'objets de petite dimension. J'ai même employé une batterie construite avec un tube en verre, effilé à l'une de ses extrémités, et un fil de platine très-fin soudé dans le verre, en sorte qu'une petite partie de ce fil pénètre à l'intérieur du tube et tout le reste se trouve en dehors. On met un peu de mercure avec des fragments de zinc, dans un vase assez haut, pour couvrir le fil ; on remplit le tube d'acide sulfurique étendu, et enfin on complète l'appareil par l'insertion d'un second fil d'argent platiné.

L'opération, quand on emploie un pôle positif en or, est influencée par la quantité de cyanure de potassium qui est en liberté dans la dissolution, attendu que le défaut d'une quantité suffisante de ce sel détermine une action lente, tandis que son excès augmente tellement l'action (en dissolvant le pôle positif en or avec rapidité), que le dépôt se forme promptement. Toute autre forme de batterie peut être employée en place de la petite batterie que j'ai mentionnée, en ayant soin de la disposer d'après les trois règles sus-indiquées. On peut employer avec succès une des petites batteries figurées plus haut, et qui servent à la réduction du platine.

La fabrication frauduleuse des monnaies est un crime qui était, il y a quelques années, puni de la peine de mort. Il ne faut donc pas que l'électro-métallurgiste fasse ses expériences avec des pièces de monnaies, qui, se trouvant toujours sous sa main, peuvent devenir pour lui une cause de tentation.

La réduction de l'or par la voie galvanique s'obtient à bas prix, car comme l'équivalent de l'or est très-élevé (1), ainsi que

(1) J'ai supposé que l'équivalent chimique ordinaire de l'or, 200, était son équivalent voltaïque, mais je n'ai aucune donnée pour établir cette hypothèse, attendu que Faraday, la seule autorité dans cette matière, ne l'a point déterminé.

son prix, on verra que la voie galvanique est des plus avantageuses pour obtenir la réduction de ce métal. On obtient pour un équivalent de puissance, qui coûte $^1/_{20}$ de sou, 12 grammes environ d'or pur qui valent 50 francs; et par conséquent, 500 grammes environ d'or pourraient être réduits pour moins de 20 centimes, et l'or ainsi réduit vaudrait environ 1,750 francs. La force magnéto-électrique obtenue à l'aide d'une machine, est également applicable à la réduction de l'or.

171. Le palladium est un métal précieux, mais il offre le singulier inconvénient d'être fragile quand il est chaud. Il coûterait fort cher si sa consommation était plus étendue. Mais sa production surpassant la vente, il en résulte qu'on peut se le procurer à assez bon marché, car sa fabrication est à peu près semblable à celle du platine. Il existe plusieurs sels dont on peut le réduire ; les principaux sont : le nitrate, l'ammonio-chlorure et le palladio-cyanure : ce sont les seuls dont je m'occuperai ici.

On prépare le nitrate de palladium en faisant digérer le métal dans de l'acide nitrique ; on facilite l'opération par l'addition de quelques gouttes d'acide hydrochlorique. C'est un bon conducteur, et ses caractères électro-métallurgiques, en général, sont exactement semblables à ceux du chlorure d'or ou de platine. Il est plus propre à la réduction métallique sous forme de poudre noire que sous forme de dépôt métallique pur. Le palladium peut être réduit de sa dissolution à l'aide de plusieurs métaux, et il est probable que le carbone, l'or, le platine et le palladium peuvent, seuls, être employés comme pôle négatif.

L'ammonio-chlorure de palladium est très-soluble dans l'ammoniaque ; c'est le meilleur sel pour obtenir la réduction du palladium à l'état métallique pur. L'appareil de batterie composée doit être préféré pour cet objet, et il ne faut que deux ou trois cellules. Dans l'auge à décomposition, le pôle positif doit toujours consister en un fil de platine très-fin, qu'on ne doit plonger dans le liquide qu'à une profondeur modérée. Ce sel n'est point facilement décomposé par les autres métaux, et, sous ce rapport, ils peuvent presque tous être employés comme pôle négatif pour recevoir le dépôt du palladium. Pendant la décomposition, une poudre jaune et brillante se dépose sur le pôle positif et lui donne un aspect doré.

L'iodure de palladium se prépare en ajoutant de l'iodure de potassium à une dissolution de palladium. Il peut se dis-

soudre dans un excès du précipité. Il n'offre aucune valeur pour l'électro-métallurgie.

Le palladio-cyanure de potassium peut être obtenu en plongeant tout simplement le palladium dans une dissolution de cyanure de potassium, où il se dissout graduellement. On peut se le procurer aussi par la voie galvanique, et même en faisant bouillir l'oxyde dans le cyanure de potassium. On peut s'en servir avec un pôle positif en palladium ou en platine, mais le premier est préférable.

On obtient la réduction du palladium à peu de frais, en ce qui concerne l'acquisition des matériaux ; car le palladium étant un métal de prix, et d'un équivalent élevé, n'exige qu'une faible dépense pour obtenir le courant galvanique, dépense qui doit être ajoutée à la valeur de la dissolution.

172. L'iridium n'offre que peu de sels solubles, parmi lesquels nous signalerons le chlorure. On obtient facilement un dépôt noir d'iridium de la dissolution qui contient ce dernier, et il se trouve souvent déposé à la surface de l'argent platiné du commerce; c'est là le seul fait concernant ce métal qui soit digne d'être mentionné. J'ai réduit en très-petite quantité ce métal sous forme de dépôt métallique pur.

173. Le rhodium forme des sels solubles. Parmi eux, le seul que j'aie soumis au fluide voltaïque est le sodio-chlorure. Je l'ai décomposé à l'aide d'une batterie de dix cellules, avec des électrodes de platine; le positif consistant en un seul fil très-mince, un dépôt de rhodium eut lieu au pôle négatif. Il offrait une couleur blanchâtre, et pouvait être séparé du platine en petits fragments très-fragiles. A l'aide d'un courant voltaïque plus énergique, j'obtins un dépôt de poudre noire.

174. L'osmium offre un oxyde soluble; mais soumis au fluide voltaïque, entre des pôles de platine, il ne forma pas un dépôt de métal pur, mais se réduisit sous forme de poudre noire, qui me parut être le métal dans un degré d'oxydation moindre que l'oxyde volatil et soluble, et non pas un dépôt métallique noir et pulvérulent.

175. L'argent, sous le rapport de son importance pratique, exige la plus sérieuse attention. Examinons séparément le nitrate, le sulfate, l'acétate, l'hyposulfite, l'ammoniure et quelques autres; toutefois le composé qu'on doit préférer est l'argento-cyanure de potassium.

La dissolution la moins avantageuse pour obtenir la réduction de l'argent, est celle du nitrate de ce métal. Quand on emploie ce sel, l'hydrogène a beaucoup de tendance à s'en dégager, c'est pourquoi il faut employer un courant relati-

vement faible. L'auge à décomposition peut contenir un pôle positif en platine ou même en argent, car ce dernier étant dissous, maintiendra toujours la dissolution au même degré de saturation. Quand on emploie un pôle positif en argent, on risque d'augmenter matériellement la quantité d'électricité; c'est pourquoi il ne faut employer qu'un seul fil d'argent. Alors l'expérimentateur règlera avec soin l'énergie du courant suivant la distance à laquelle il les disposera dans le liquide. Le pôle négatif, qu'on met dans la dissolution pour recevoir le dépôt, peut être en or, en platine, en charbon ou en argent; mais les autres métaux ne sont pas tous propres à cet usage, ce qui est dû à l'énergie avec laquelle ils décomposent la dissolution. Le degré de concentration de la dissolution doit varier de 50 centigrammes à 24 grammes de ce sel par 30 grammes d'eau, en ayant soin que la quantité d'électricité soit réglée, suivant la force de la dissolution, d'après les règles déjà indiquées.

Le sulfate d'argent se prépare facilement en ajoutant de l'acide sulfurique à une dissolution saturée de nitrate d'argent, car étant beaucoup moins soluble que le nitrate, il se dépose promptement; le reste de la liqueur doit être décanté et bien lavé avec un peu d'eau distillée, on peut alors l'employer. Il n'est pas si facile à décomposer que le nitrate, ni si bon conducteur, mais c'est un sel de peu de valeur pour l'électro-métallurgie, attendu que l'argent qu'il dépose est très-fragile, même dans les cas les plus favorables.

L'acétate d'argent se prépare de la même manière que le sulfate, et il lui ressemble beaucoup sous le rapport de son pouvoir conducteur et de sa facilité à se décomposer. Dans ces deux cas, on peut employer un pôle positif d'argent et un appareil à décomposition, et, en outre, une seule batterie de peu d'énergie pour produire le courant électrique.

L'hyposulfite d'argent peut facilement se préparer en ajoutant un hyposulfite quelconque, celui de potasse, par exemple, au nitrate, au chlorure ou à tout autre sel de ce métal; il paraît exister une grande affinité entre l'argent et ce sel, puisque l'hyposulfite décompose les sels d'argent les plus insolubles. Les hyposulfites alcalins peuvent s'obtenir en ajoutant de l'acide sulfurique à leurs sulfures, comme, par exemple, le sulfure de potassium ou de sodium. Ce sel d'argent est assez soluble et résiste à une plus grande quantité d'électricité, pour se décomposer, que le nitrate, le sulfate ou l'acétate, mais en général les hyposulfites ne sont pas très-propres aux usages électro-métallurgiques, et quand on les emploie, le métal est ordinairement fragile. Un pôle positif en argent se dissout dans ce sel.

L'ammonio-nitrate et l'ammonio-chlorure d'argent sont des sels très-solubles. On doit prendre beaucoup de précautions dans la manipulation de ces sels, car si on laisse la dissolution s'évaporer, de telle sorte qu'il y en ait des parties desséchées et adhérentes aux parois du vase, il y aurait du danger à y toucher, car ce dépôt desséché n'est autre chose qu'un fulminate qui, si on le touchait de l'extrémité du doigt pour l'extraire des parois du récipient, produirait une explosion terrible. J'insiste sur le danger qu'on peut courir en pareil cas, ayant failli moi-même perdre l'œil droit dans une expérience de ce genre. Ces sels sont bons conducteurs et on peut les employer en dissolution à n'importe quel degré de concentration. On doit toujours rendre ces dissolutions alcalines par un excès d'ammoniaque. Pour recevoir le dépôt d'argent, on peut se servir d'un pôle négatif de platine, d'or, de palladium, de carbone, ou même d'argent, qui tous sont inattaquables par la dissolution. Ainsi, quand on veut obtenir une copie en argent d'un objet quelconque, l'original doit être fait d'un de ces métaux.

Une excellente dissolution, qu'on peut employer pour la réduction de l'argent, est celle contenant de l'ammonio-carbonate de ce métal. On le prépare en ajoutant du carbonate d'ammoniaque en grand excès au nitrate d'argent. L'acide carbonique se dégage avec effervescence, et une poudre blanche se dépose, qui se dissout si on ajoute en excès une nouvelle quantité de sel ammoniacal.

On peut s'en servir avec un pôle positif en argent; un simple fil de ce métal suffira, ainsi qu'une seule batterie.

Pour les usages de l'électro-métallurgie, on peut employer l'iodure d'argent obtenu en ajoutant de l'iodure de potassium à la dissolution de nitrate d'argent, et dissous par un excès d'iodure. Ce sel n'est point décomposé par le cuivre et peut être employé à l'aide d'un pôle positif d'argent et d'une seule batterie.

Le sulfo-cyanure d'argent qu'on prépare en ajoutant du sulfo-cyanure de potassium à du nitrate d'argent, puis en dissolvant le précipité à l'aide d'un excès de sulfo-cyanure, peut être employé comme l'iodure. Un pôle positif en argent se dissout dans la liqueur.

On peut préparer un potassio-tartrate d'argent en faisant bouillir de l'oxyde d'argent dans du bitartrate de potasse. Il est promptement décomposé par la lumière et n'offre aucun avantage à l'électro-métallurgie.

Le dépôt métallique sous forme de masse spongieuse peut

s'obtenir facilement de l'un de ces sels en augmentant l'énergie du courant électrique.

Dans la décomposition électro-chimique de presque tous les sels d'argent précédemment indiqués, où le pôle positif est formé du même métal, on observe souvent une croûte noire sur l'argent; cette croûte est probablement formée d'un peroxyde d'argent analogue au peroxyde de plomb, etc.

Il nous reste à traiter de la meilleure de toutes les dissolutions d'argent dont l'électro-métallurgiste puisse se servir; nous voulons parler de l'argento-cyanure de potassium. On peut le préparer en faisant digérer l'oxyde d'argent avec le ferro-cyanure de potassium, mais c'est là un procédé imparfait. On peut encore l'obtenir en ajoutant un sel soluble d'argent quelconque à une dissolution de cyanure, ou même en faisant digérer les sels insolubles dans la même dissolution; mais en pareille circonstance, il se forme un nouveau sel entre le radical du sel d'argent et une partie de potassium qui excède la proportion voulue pour la formation de l'argento-cyanure de potassium. Ainsi, du chlorure d'argent et du cyanure de potassium forment du chlorure de potassium et de l'argento-cyanure de potassium. Il est préférable de le préparer en faisant bouillir une partie de l'oxyde d'argent, pendant quelques minutes, dans une dissolution de cyanure de potassium, et en décantant la partie de la liqueur qui surnage; l'oxyde non dissous doit être lavé et conservé avec soin pour d'autres opérations; cependant le meilleur mode de préparation de ce sel consiste à faire usage d'une grande plaque d'argent comme pôle positif dans une dissolution de cyanure de potassium, en ayant soin d'employer en même temps un très-petit pôle négatif qu'on fait communiquer avec une forte batterie, et en continuant l'opération jusqu'à ce que de l'argent métallique pur commence à se déposer au petit pôle négatif; alors l'expérimentateur peut être certain que sa dissolution est assez concentrée pour servir à des surfaces négatives plus étendues; le faible excès de cyanure de potassium, en favorisant la conductibilité de la dissolution, facilite la réduction du métal. L'argento-cyanure de potassium, si on le laisse cristalliser, forme des cristaux clairs et incolores, et la dissolution doit être également incolore. Si elle offre la moindre teinte jaune, cela indique la présence du ferro-cyanure de potasse, que le cyanure de potassium du commerce contient quelquefois.

De quelque manière qu'on prépare ce sel, pour la découverte duquel Elkington prit un brevet et dont il fut le premier à faire usage, on peut le considérer comme le plus pro-

pre aux usages de l'électro-métallurgie. On peut l'employer à n'importe quel degré de concentration, mais la dissolution presque saturée doit être préférée, et on doit la mettre dans un récipient de verre ou de grès. On peut le réduire par l'appareil à une cellule, en ayant soin de placer du côté positif de l'appareil à diaphragme une large plaque en zinc, avec une dissolution contenant un peu d'hydrochlorate d'ammoniaque ou de sel marin; mais aucun expérimentateur ne songera à employer cet appareil pour la réduction de l'argent, car le cyanure de potassium combiné avec l'argent serait perdu. L'appareil de batterie composée, muni d'un pôle de platine, peut être employé, mais on devra, règle générale, ne point y avoir recours et se servir de l'appareil de simple batterie. Le pôle positif peut avoir la même étendue que le pôle négatif et doit consister en un fragment de feuille d'argent épaisse de 3 ou 4 millimètres. Il n'est pas nécessaire que la batterie soit de grande dimension, car la conductibilité de la dissolution métallique étant faible, il ne passe qu'un courant médiocre. Pour les expériences de salons, une batterie composée d'un verre à boire et d'une auge à précipiter en verre, constitue un appareil élégant et propre à se récréer; le fabricant en grand n'a qu'à augmenter la capacité de l'auge, qui doit être de verre ou de grès, et à régler les dimensions de la batterie sur celles de l'auge. La plaque d'argent doit être mise en communication avec l'argent de la batterie, et l'objet qui doit recevoir le dépôt avec le zinc. La présence même d'une assez grande quantité de ferro-cyanure de potasse dans une dissolution d'argento-cyanure, n'offre que peu d'inconvénients pour les dissolutions concentrées; mais dans les dissolutions très-étendues, le pôle positif se couvre d'un dépôt blanc de ferro-cyanure d'argent qui ralentit l'opération. La présence du cyanure de potassium à l'état de liberté augmente la conductibilité de ce sel et facilite beaucoup la rapide formation du dépôt métallique; on doit donc en mettre dans la dissolution une quantité assez grande pour atteindre ce résultat, mais pas assez, cependant, pour déterminer la formation des différentes variétés du dépôt spongieux. Le dépôt obtenu du sel, surtout quand on le réduit aussi promptement que la force de la dissolution le permet, est aussi parfait dans ses propriétés physiques que le meilleur métal laminé, car il est tout à la fois malléable et ductile, et la décomposition peut se faire d'une manière indéfinie.

Le hasard a fait reconnaître que quelques gouttes de bi-sulfure de carbone, ajoutées à la dissolution d'argent, lui im-

priment certaines qualités particulières. Le métal, au lieu de se déposer avec un aspect mat, offre un aspect aussi brillant que s'il était bruni. La découverte de ce fait est d'une haute importance pour le fabricant, en ce sens qu'il économise beaucoup de travail de brunissage et de polissage. L'auteur de la découverte a pris un brevet, et ce moyen est employé presque partout à Birmingham.

La force magnéto-électrique convient parfaitement bien à la mise en œuvre de l'argent. M. Elkington m'a informé qu'il s'occupe de la construction d'une machine magnéto-électrique, qui pourra, dit-il, réduire 1kil.560 d'argent par heure.

La réduction de l'argent sous forme de dépôt métallique pur, s'opère facilement et d'une manière économique. L'équivalent de ce métal est 108 ; par conséquent pour un équivalent de pouvoir, coûtant 1/20 de décime, on obtient cette quantité d'argent, la réduction de 500 grammes d'argent valant 104fr.80 coûterait par l'appareil de simple batterie, moins de 40 centimes. Pour de plus amples renseignements sur les frais qu'entraîne la réduction de ce métal, le débutant pourra consulter les équations et les données fournies dans un des Chapitres précédents.

176. Le nickel occupe le dernier rang dans la classe des métaux précieux, car c'est celui qui offre le moins de valeur. Le nitrate, le sulfate, l'ammonio-nitrate de nickel, et le nickelo-cyanure de potassium, mais surtout le chlorure de nickel, exigent une mention particulière. Le nitrate de nickel est très-soluble, mais le métal n'a pas beaucoup de tendance à se précipiter ; car l'hydrogène se dégage plutôt que de réduire le métal. Si on emploie l'appareil de batterie composé, on doit se servir pour pôle positif d'un fil de platine délié, qu'on ne doit plonger dans la dissolution qu'à une petite profondeur. Le sulfate de nickel est également soluble, et on en obtient la réduction du métal plus promptement que du nitrate. On le réduit plus facilement à l'aide de l'appareil de batterie composé, en ayant soin de se servir d'un pôle positif en platine, quoique cependant on puisse employer un pôle positif de nickel. Quand on fait usage soit du nitrate ou du sulfate de nickel en électro-métallurgie, il est bon d'employer une dissolution aussi concentrée que possible. Parmi les composés que ce sel forme avec les alcalis, ceux d'ammoniaque méritent la préférence ; l'ammonio-nitrate et l'ammonio-sulfate peuvent être employés pour réduire ce métal rebelle.

Le nickel forme un composé avec le cyanure de potassium,

quand on fait bouillir l'oxyde dans une dissolution de ce sel, qui en absorbe une quantité considérable. Le sel à l'état solide offre une couleur jaune, quoique la dissolution présente en général une teinte orangée, mais dans cette dissolution, l'hydrogène semble avoir plus de tendance à se dégager qu'à réduire le métal, et pour cette raison, on ne doit se servir que d'un courant faible, en rapport avec la force de la dissolution.

L'acétate de nickel se prépare facilement en ajoutant de l'acide pyroligneux à l'oxyde de nickel. Il présente l'apparence d'un sel vert, et peut être décomposé, soit par la batterie composée avec un pôle de platine, ou même avec un pôle positif de nickel. Mais cette dissolution ne vaut rien pour obtenir un dépôt métallique pur, quoique celui de poudre noire puisse être obtenu avec facilité.

On prépare le chlorure de nickel en faisant digérer le métal dans de l'acide hydrochlorique; c'est un sel d'une belle couleur verte, et qui est très-propre aux usages de l'électro-métallurgie, attendu qu'avec lui, l'hydrogène n'a pas tant de tendance à se dégager qu'avec les autres sels de ce métal. Pour le réduire, on peut se servir d'une ou deux batteries et d'un pôle positif en nickel, ou d'une série de deux, trois ou quatre petites batteries de rognures, et d'un pôle positif en platine. Le nickel ainsi obtenu offre un aspect blanc et brillant tout particulier, qui le fait ressembler au verre; ce dépôt est tellement beau, quoiqu'il offre une grande fragilité lorsqu'on le sépare du pôle négatif, que sa vue seule dédommagerait celui qui aurait pris la peine de le réduire. Il offre un contraste si frappant avec le nickel du commerce, que personne ne pourrait soupçonner qu'il y a similitude, et même identité dans la composition de ces deux produits. Pour les besoins du praticien, ce sel est peut-être préférable à tous ceux que nous avons mentionnés, et après le chlorure, le sulfate est celui qu'on doit choisir pour obtenir un dépôt malléable et ductile.

En s'aidant d'un courant galvanique énergique, on obtiendra facilement des dissolutions précédentes le dépôt pulvérulent.

Le nickel n'a qu'un équivalent peu élevé, car 1gr.40 seulement se déposent, quand on se sert d'un équivalent de pouvoir qui coûte 1/20 de décime. La réduction voltaïque de 500 grammes de métal valant 8fr.40 coûterait donc 1fr.20.

177. Le cuivre exige une attention toute particulière, parce que les applications qu'on a faites de sa réduction voltaïque aux besoins de l'électro-métallurgie sont beaucoup plus nom-

breuses que celles qu'on a faites des autres métaux. On peut le réduire de plusieurs de ses sels, dont les plus remarquables sont le sulfate, l'hydrochlorate, le nitrate et l'acétate. On emploie le plus ordinairement le sulfate parce qu'il est à bas prix. Il donne 1gr.60 de dépôt métallique pur pour 6 grammes environ de sulfate décomposé par le courant voltaïque, et 1gr.60 de zinc se trouvent dissous pour la même quantité de cuivre réduite. Dans l'emploi de tous les sels de cuivre, on doit se souvenir du rôle que l'eau joue dans la pile voltaïque pour dissoudre le sel métallique récemment formé; on doit donc avoir soin de ne jamais employer des dissolutions de sel de cuivre à leur plus haut degré de concentration, mais conserver un excès d'eau dans l'appareil. On peut réduire promptement le cuivre d'une dissolution neutre étendue de sulfate et même d'une dissolution d'une concentration quelconque en rapport avec les lois indiquées pour la réduction des métaux. Cependant ce sel est assez difficile à décomposer, et offre une résistance considérable au passage du courant électrique; on peut augmenter sa conductibilité et par conséquent son aptitude à la décomposition en ajoutant de l'acide à la dissolution, soit de l'acide sulfurique étendu, ou de l'acide nitrique étendu. Une dissolution composée de 500 grammes de ce sel et de 2 kilogrammes d'eau, à laquelle on ajoute de un tiers à la moitié de son volume d'acide sulfurique étendu, est la meilleure qu'on puisse employer dans beaucoup de cas. L'acide étendu doit consister en une partie d'acide sulfurique pour huit parties d'eau bien mélangées ensemble. Cette dissolution est celle qu'on doit préférer quand on veut revêtir d'une couche de cuivre les corps non conducteurs qu'on a préalablement enduits d'une couche de métal ou de plombagine; parce que l'hydrogène, avec une batterie de force suffisante n'a pas tant de tendance à se dégager.

La dissolution de cuivre doit être aussi pure que possible; le sulfate qu'on débite dans le commerce contient en général des sels de fer. Il vaudrait mieux que chaque expérimentateur préparât lui-même le sulfate de cuivre nécessaire à ses opérations, en employant de l'acide sulfurique rectifié, et un pôle positif de cuivre très-pur, le pôle positif doit être très-grand et le négatif très-petit. L'acide doit être étendu d'une quantité d'eau proportionnée à la force qu'on veut donner à la dissolution, le tout doit être mis en communication avec une batterie énergique.

On peut modifier le fluide en employant de l'acide sulfurique moins étendu et un peu d'acide nitrique, à l'aide du-

quel on accroît le pouvoir conducteur de la dissolution. On peut obtenir un bain très-convenable formé de dissolution saturée de sulfate de cuivre, contenant un tiers de son volume d'acide sulfurique étendu, et à laquelle on ajoute 8 grammes d'acide nitrique étendu par litre de liquide; l'accroissement latéral du cuivre dans cette dissolution est considérable, propriété qui augmente la valeur de l'opération. L'acide nitrique attaque le pôle positif, en sorte que la dissolution métallique est susceptible d'acquérir plus de force. Quand ceci a lieu, il faut étendre la dissolution; le pôle positif est plus susceptible d'être attaqué quand l'opération a continué quelque temps, car il se forme de l'acide nitreux qui aide à la dissolution. Dans ces deux cas, la réduction s'opère très-promptement. Les acides ont pour effet de diminuer la résistance offerte au passage du courant électrique, ce qui virtuellement est identique à une augmentation d'intensité; et l'expérience prouve que la qualité du cuivre obtenu par l'une ou l'autre de ces méthodes est la même, car il offre dans les deux cas, de la ductilité et de la malléabilité, mais sans beaucoup d'élasticité. Pour obtenir ces qualités au plus haut degré, on doit régler le courant d'après la force de la dissolution, de telle sorte qu'un peu plus de force déterminerait un dégagement de bulles d'hydrogène. En général je cherche à obtenir un cuivre un peu plus dur que celui dont il vient d'être question et doué de plus d'élasticité; pour parvenir à ce but j'augmente légèrement la force de la dissolution.

La dissolution acide ne doit point être employée quand la plaque négative ou l'objet qu'on veut copier est formé d'un métal plus oxydable que le cuivre, car il serait attaqué, et peut-être entièrement dissous par l'acide; dans ce cas on doit employer une dissolution neutre. Dans des circonstances semblables, il faut que le cuivre possède les qualités que j'ai déjà fait connaître, et en outre il faut se servir d'une série de deux, trois ou quatre batteries et même davantage; si on emploie une forte dissolution à l'aide de ces moyens, on obtient l'intensité, et on augmente la tendance du gaz à se dégager, la dépense serait alors double, triple ou quadruple de celle qu'exigerait une seule batterie. On peut obtenir aussi un dépôt de métal ductile en se servant d'une dissolution neutre étendue, avec une seule batterie, ou même en employant une dissolution plus forte, maintenue à une température élevée. Le débutant doit commencer à comprendre maintenant l'importance du précepte suivant : il faut régler la somme du courant d'après la force de la dissolution métallique.

On peut obtenir un dépôt de cuivre de la plus grande dureté possible, quoique légèrement fragile, si on désire l'employer dans cet état, en adoptant un système un peu différent, qui consiste à se servir d'une dissolution saturée de sulfate de cuivre sans acide, un très-grand pôle positif et une cellule assez grande pour engendrer une grande quantité d'électricité. Dans ce cas le dépôt de cuivre sera extrêmement dur, et offrira un aspect légèrement cristallin ; c'est là l'état cristallin poussé au plus haut degré. La fragilité du métal dépend des cristaux dont il est formé, comme le prouve le clivage ; car si on en brise un fragment, on verra qu'il n'existe qu'une légère adhérence entre les différentes particules du métal. Quand on réduit le cuivre à cet état, il joue quelquefois de singuliers tours, car le métal réduit qui se précipite en grande quantité se fixe sur la face postérieure de la plaque et y produit un dépôt presque aussi abondant qu'à sa face antérieure. Quelquefois le dépôt se forme dans les angles, en produisant une efflorescence qui a sans doute sa source dans une cause analogue.

D'après ce qui précède, il est évident qu'on se trompe quand on suppose que la fragilité ou la flexibilité, la dureté ou la malléabilité du cuivre, dépendent seulement du plus ou moins d'intensité du courant électrique, ou en d'autres termes de la rapidité de l'opération, car une plaque peut exiger quinze jours pour se former, et cependant être tellement fragile qu'elle se brise au plus léger contact ; par contre, quand l'opération a été terminée dans l'espace de deux jours ou même vingt-quatre heures, le métal se montre doué de la plus grande flexibilité. On peut obtenir des effets contraires par des dispositions inverses. Ainsi on peut être quinze jours avant d'obtenir une plaque, en ne se servant que d'une faible dissolution et d'un léger courant, et cependant le dépôt obtenu sera flexible ; de même, ce dépôt sera fragile quoiqu'on n'ait mis que deux jours à l'obtenir, si on n'a employé qu'une trop faible quantité de courant dans une dissolution très-concentrée. La flexibilité dépend du rapport qui existe entre la quantité d'électricité et la facilité avec laquelle s'effectue la réduction du métal dans une dissolution donnée, et de la quantité de sel métallique contenu dans la dissolution ; ainsi, lorsqu'on veut obtenir une plaque de métal malléable et ductile, en se servant d'une dissolution neutre de sulfate de cuivre seulement, on ne doit employer qu'un faible courant et une faible dissolution, si on fait usage d'une seule cellule de la batterie. On peut se servir d'une plus forte dissolution avec les mêmes résultats, pourvu

que ce soit avec une série de batteries. Si la dissolution est très-acide, une seule cellule engendrera une plus grande quantité d'électricité; donc, on peut employer une plus grande quantité de sulfate de cuivre et obtenir les mêmes effets conformément aux lois qui gouvernent la précipitation.

. On peut obtenir une fragilité très-grande du métal, en employant une faible quantité d'électricité et une forte dissolution. En effet, la plaque métallique ne semble être qu'une agglomération de particules d'un sable métallique brillant, ces particules n'ayant pas plus d'adhérence entre elles que celle qu'on remarque dans les grains de sable du grès. C'est là l'état cristallin à son degré le plus inférieur.

On peut précipiter le cuivre à volonté sous forme de poudre noire, de dépôt spongieux ou sablonneux, en se servant d'une batterie très-puissante, ou par les autres méthodes générales que nous avons fait connaître, en traitant des lois qui président à la réduction des métaux. On ne doit pas confondre le dépôt sablonneux qui se forme sous l'influence d'un courant trop énergique, avec celui qui provient d'une cause contraire, c'est-à-dire d'un courant trop faible. On peut, en effet, les distinguer aisément; car le premier contient toujours des traces plus ou moins sensibles du dépôt noir et spongieux, tandis que le dernier offre l'aspect brillant d'un métal. Ces deux sortes de dépôts sont également fragiles.

Le nitrate de cuivre est un sel beaucoup plus facile à décomposer que le sulfate. Il coûte cher, et son prix est hors de proportion avec la peine qu'on se donne pour le préparer. Si cependant on a recours au procédé dans lequel la dissolution est maintenue au même degré de force à l'aide d'un anode de cuivre, la première dépense est la seule qu'on ait à faire. L'électro-métallurgiste peut promptement préparer ce sel pour son usage particulier en faisant dissoudre le cuivre métallique dans de l'acide nitrique. L'expérimentateur doit éviter de s'exposer aux vapeurs de gaz nitreux qui se forment, attendu qu'en respirant ces vapeurs le pouls s'affaiblirait et qu'il éprouverait d'autres accidents. On peut l'aciduler avec de l'acide nitrique, qui augmentera sa conductibilité au point qu'aucun obstacle ne viendra s'opposer au courant d'une seule paire d'éléments, si surtout on emploie un pôle positif en cuivre.

Il y a une objection à faire à l'emploi du nitrate de cuivre, c'est que l'hydrogène ne réduit pas seulement le cuivre, mais peut encore décomposer l'acide nitrique. Ceci n'arrive pas, sans doute, lorsque l'acide se maintient à l'état d'acide nitrique jusqu'à un certain degré, mais dès qu'une

petite quantité de ce dernier se décompose et que de l'acide nitreux se dégage, il est susceptible de s'amasser sur la plaque négative sous forme de petites bulles de deutoxyde d'azote, lesquelles s'y fixent, et finissent enfin par se revêtir d'une couche de cuivre. Certaines plaques de cuivre, par suite de cette cause, sont criblées de vacuoles, ce qui leur donne l'apparence d'un crible quand on les place entre l'œil et la lumière.

Quand on emploie cette dissolution, on peut la préparer en faisant dissoudre 500 grammes de ce sel dans 1lit.50 d'eau, qu'on acidule avec 15 grammes d'acide nitrique concentré. Avec une dissolution de ce sel, saturée et acidulée, on peut obtenir une plaque de cuivre avec la plus grande rapidité possible. Le pôle positif de cuivre doit être de même dimension que le pôle négatif, et ils doivent être placés tous deux à 3 centimètres l'un de l'autre ; on doit se servir d'une série de 4 à 6 batteries à une température ordinaire, mais on peut employer une série moins grande, pourvu que la température soit élevée. On ne doit jamais cependant chercher à obtenir une plaque de cuivre à l'aide de l'appareil de batterie composé, à moins qu'on ne soit très-pressé de se la procurer ; car, quoique le cuivre soit de même qualité, et même un peu supérieur à celui qu'on obtient à l'aide d'une seule batterie, cependant la dépense qu'exige sa préparation est plus considérable.

Dans tous les cas qui exigent la réduction du cuivre, il n'y a aucun inconvénient à employer une petite quantité de nitrate dans la dissolution, et même on devrait toujours en agir ainsi. Il n'existe aucune dissolution qui soit plus capable de fournir du cuivre de bonne qualité et cela avec promptitude, que celle du sulfate auquel on ajoute une petite quantité de nitrate. C'est pour cette raison que j'ai fait connaître l'utilité de l'acide nitrique dans la dissolution, quand j'ai traité du sulfate, et il faut se rappeler que s'il y a dans une dissolution une quantité de nitrate de cuivre peu considérable par rapport à la quantité de sulfate qui s'y trouve, les bulles de deutoxyde d'azote, qui seules empêchent que l'usage de ce sel ne soit généralement adopté, ne se manifesteront pas.

On peut employer le chlorure de cuivre, mais je ne sache pas qu'il offre aucun avantage particulier. Il ne se décompose pas aussi promptement que le nitrate, mais plus promptement que le sulfate. D'après mon expérience personnelle, c'est le sel le moins avantageux, si ce n'est même la pire dissolution dont on puisse se servir pour la réduction du cuivre, attendu

que le métal réduit est susceptible de prendre un aspect particulier. A cause de ce dépôt *sui generis* de cuivre qui se forme, il vaut mieux s'abstenir d'employer l'acide hydrochlorique dans les dissolutions de cuivre. Quand on se sert de l'appareil à une cellule, il ne faut jamais, pour la même cause, introduire de l'acide hydrochlorique, même du côté zinc, car il faut se rappeler que presque tous les diaphragmes permettent assez facilement aux liquides de passer d'un récipient dans l'autre.

On peut se servir d'autres sels, tels que l'ammoniure, l'acétate et l'hyposulfite ; mais ces sels ne présentent aucun avantage, lorsqu'on emploie du cuivre ou tout autre métal ayant moins d'affinité pour l'oxygène, pour former le pôle négatif ; cependant, quand il s'agit de métaux ayant une plus grande affinité pour l'oxygène, on peut y recourir avec avantage, car il est important que le métal negatif n'exerce par lui-même aucune action sur la dissolution saline, autrement le modèle serait détérioré.

L'acétate de cuivre se forme en faisant digérer le vert-de-gris ordinaire dans de l'acide acétique et en faisant évaporer la liqueur, jusqu'à ce qu'on obtienne des cristaux. C'est un sel difficile à décomposer, et qui exige la force de plusieurs cellules. Il n'est pas décomposé par le fer quand il est à l'état neutre.

Les composés que l'ammoniaque forme avec les sels de cuivre, sont : l'ammoniure de l'oxyde, l'ammonio-nitrate et l'ammonio-sulfate de ce métal ; la réduction du métal, de ces sels, est difficile, et il est nécessaire que la dissolution soit alcaline, par suite de la présence d'une certaine quantité d'ammoniaque libre. Le fer et l'acier ne décomposent pas spontanément ces composés, mais je crains que cette circonstance, qui est le seul résultat avantageux de leur application, ne compense pas toutes les difficultés qui accompagnent l'opération. Ces derniers sels exigent une série de batteries pour se décomposer, quoiqu'on se serve d'un pôle positif en cuivre.

L'oxyde de cuivre est très-soluble dans l'hydrochlorate d'ammoniaque, mais par lui on n'obtient qu'une dissolution peu propre à fournir un dépôt malléable et ductile, attendu que l'hydrogène paraît avoir une grande tendance à s'en dégager. Le dépôt de cuivre spongieux s'obtient très-bien à l'aide de ce sel.

On ne peut pas employer une dissolution d'iodure de cuivre dans de l'hydriodate de potasse, car l'iode se dégage sans cesse, si l'iodure de potassium est ajouté à un sel soluble de

aucun résidu, et chaque particule sera dissoute. Le fragment de cuivre, qui forme le pôle positif de l'auge, peut se dissoudre dans une partie de son étendue, si on a soin de revêtir le reste de la surface d'un vernis ou d'une substance capable de résister à l'action du liquide, propriété dont nous nous occuperons plus spécialement par la suite.

Le pôle négatif, destiné à recevoir le cuivre réduit, peut consister en une dissolution de sulfate de cuivre, de plombagine, de charbon, d'or, d'argent, de platine, de palladium, de nickel, ou de cuivre, car ils sont tous propres à recevoir le dépôt de ce dernier métal. Tous les autres métaux sont plus ou moins attaqués par la dissolution, quoique cependant on puisse recourir au plomb et à ses alliages, concurremment avec une dissolution de sulfate de cuivre, surtout si elle est étendue. L'étain est bien inférieur au plomb pour recevoir le dépôt de cuivre métallique, attendu qu'il agit plus promptement sur les sels de ce dernier métal.

Les mêmes observations s'appliquent également au nitrate de cuivre, excepté que le plomb, l'étain et les alliages, agissent plus promptement sur lui que sur le sulfate, et que le fer ne décompose pas cette dissolution aussi vite que celle de sulfate. Presque tous les métaux peuvent être employés comme pôle négatif dans les ammoniures de cuivre et dans le cyanure de cuivre et de potassium; car ils agissent si faiblement sur ces dissolutions, que leur action est presque insignifiante. Le fer et même le zinc n'exercent que peu d'action sur ces solutions.

Le cuivre, ainsi réduit, revêt la forme et l'aspect de l'objet sur lequel il s'est déposé. Si la surface de l'objet est polie, la copie le sera également; la couleur même, dans certains cas, offrira quelque analogie avec celle de l'original, particulièrement quand ce dernier est en cuivre. La surface n'est pas tout-à-fait si brillante, quand on s'est servi de plomb, d'étain et de quelques autres métaux. Mais quand on enduit les surfaces unies de plombagine, de cire à cacheter, ou de cire vierge, la surface de la copie est parfaitement polie.

Quand on veut nettoyer la surface, on y parvient aisément en la frottant avec du charbon et de l'eau, ou avec de l'eau et de l'émeri, on enlève ainsi tous les corps étrangers qui ont pu s'y fixer. Il n'est pas convenable, en général, de plonger l'objet dans de l'acide étendu d'eau pour opérer ce nettoyage, car l'acide attaque le métal et lui ôte son poli.

On peut réduire le cuivre à l'aide de l'appareil à simple cellule, en se servant d'une grande variété de sels, et à l'aide du zinc, de l'étain, du plomb, ou du fer; le premier et le

dernier de ces métaux sont cependant les seuls qu'on puisse employer avec avantage. Les inconvénients et les avantages qu'offre la simple cellule, comparée à l'appareil de batterie, ont été examinés dans le 1er chapitre, livre 2, de cet ouvrage; mais, s'il est un métal auquel l'appareil à simple cellule puisse être appliqué, c'est certainement le cuivre, surtout quand on veut le réduire de ses sels les plus ordinaires. Quand l'acide, qui est joint au métal, ne vaut pas la peine d'être conservé, on peut se dispenser de l'emploi de l'appareil à simple cellule en zinc, si ce n'est dans des cas exceptionnels. La réduction du métal par le fer est, à cause de l'économie qu'elle procure, préférable à toutes les autres méthodes, dans tous les cas où on peut y recourir. Cependant, tout bien considéré, comme le procédé par l'appareil de simple batterie est applicable à tous les cas où l'on veut obtenir la réduction du cuivre, il doit l'emporter, règle générale, sur tous les autres procédés de réduction du cuivre. Les frais qu'entraîne l'emploi de chaque procédé ont été examinés, quand nous avons traité des moyens généraux à l'aide desquels on calcule la mise en œuvre des métaux, et comme la réduction du cuivre a été prise pour exemple dans ces formules, il serait inutile d'y revenir une seconde fois.

Quand il s'agit de copier des médailles et d'autres objets d'art, il n'est pas toujours nécessaire qu'ils aient une surface cuivrée, le bronze offrant un plus bel aspect; la couleur bronzée peut être obtenue de différentes manières. Voici celle qu'on emploie le plus ordinairement : On enduit la médaille d'oxyde de fer, puis on la place dans une moufle et on l'expose à la chaleur; en la retirant du feu il suffit de la frotter, on peut ensuite la placer dans un médailler.

Cependant, j'adopte ordinairement des méthodes plus promptes pour obtenir un aspect bronzé; l'une d'elles consiste à frotter la médaille avec de la plombagine, immédiatement après l'avoir retirée de la dissolution, on la place ensuite sur le feu pour la chauffer modérément, puis on la frotte vivement avec une brosse à peindre en soies de cochon légèrement humide, afin d'enlever la plombagine. On obtient de cette manière une couleur bronzée uniforme et brillante. Aucune méthode de bronzage ne saurait être préférée à celle qui précède, pour la beauté, car une médaille récemment préparée offre cette belle teinte antique si estimée des numismates. Dans ces opérations, je crois qu'il se produit un oxyde de cuivre, auquel est dû l'aspect bronzé; si on a laissé la médaille pendant quelque temps hors de la dissolution, avant de la bronzer, le bronzage ne réussit pas si bien; dans

ce cas il est préférable de nettoyer la surface avec soin, et de procéder ensuite comme nous l'avons dit.

L'application d'une très-petite quantité d'un corps graisseux ou de cire, donne plus de beauté au bronze. Cette précaution pourtant est inutile, quand le cuivre s'est déposé sur un moule formé en partie ou en totalité de ces substances; mais dans les autres cas elle est nécessaire. Un corps gras ou la cire seule, quand on les applique en très-petite quantité sur la surface d'une médaille, lui donne une belle teinte bronzée, lorsqu'on la chauffe à une température convenable. Nous ne pouvons pas indiquer au juste le degré de température auquel il faut la soumettre pour produire le meilleur résultat, mais comme règle générale, on peut avancer que la chaleur doit être assez forte et assez prolongée, pour qu'une fumée commence à s'échapper de la graisse dont la décomposition commence à avoir lieu; une plus grande chaleur fait gonfler le cuivre, mais si on la retire du feu juste au moment convenable, la surface sera supérieurement bronzée. La perfection de cette espèce de bronzage, aussi bien que de celui obtenu à l'aide de la plombagine, dépend en grande partie de l'adresse de l'expérimentateur; on peut encore l'embellir en frottant la médaille avec une brosse à ongles bien fournie de soies, et en terminant le travail à l'aide de frictions faites avec un peu de blanc d'Espagne et un morceau de cuir.

Les Français ont une excellente méthode pour bronzer les clichés; on les confond si bien avec le cuivre, qu'il est arrivé à une personne de mettre une médaille qu'il croyait être de cuivre, dans une auge à précipiter afin d'en obtenir une copie, en retirant le modèle, elle fut très-surprise de reconnaître que la prétendue médaille de cuivre n'était autre chose que du plomb. Le procédé à l'aide duquel on obtient ce bronzage, consiste à humecter la surface de l'objet avec un peu d'esprit-de-vin, et à la saupoudrer d'un peu de craie rouge, au moment où cette surface commence à devenir sèche; on modifie la couleur de la craie rouge en y ajoutant une partie de plombagine, puis on souffle dessus pour faire disparaître l'excédant de ce mélange pulvérulent, ce procédé pourrait être appliqué aux médailles en cuivre, mais peut être la teinte n'est-elle pas si belle que lorsqu'on a recours à celui que nous avons déjà décrit. Il existe d'autres moyens de bronzer les clichés qui ne sont point applicables au cuivre, et qui consistent, par exemple, à les plonger dans une dissolution de bi-acétate de cuivre, contenant de l'acide acétique, par ce moyen la médaille réduit une petite portion de cuivre, et semble entièrement formée de ce dernier métal.

Les fabricants d'instruments de physique ont un moyen de bronzer le cuivre qu'ils appliquent aux vis et autres parties de leurs appareils. Ce procédé est très-simple, car il consiste tout simplement à frotter l'objet avec une faible dissolution de platine, alors une partie du cuivre se dissout, et il se précipite une partie équivalente de platine. Ils mettent en général, la surface bronzée à l'abri de toute altération, à l'aide d'une légère couche de vernis, mais on doit en éviter l'emploi quand il s'agit d'objets d'un travail fin et délicat. Une dissolution d'or remplirait le même but si ce n'était son prix élevé.

Une autre bonne méthode de bronzage, consiste à plonger l'objet dans une très-faible dissolution d'hydrosulfate d'ammoniaque ou de sulfure de potassium, on obtient alors un sulfure du métal qui offre une couleur magnifique; si la dissolution est trop concentrée, il se forme une couche épaisse de sulfure qui nuit à l'effet de la médaille comme œuvre d'art.

M. De La Rue a fait connaître, il n'y a pas longtemps, une nouvelle méthode de bronzage pour laquelle il a pris un brevet. On commence par frotter de plombagine la médaille qu'on veut bronzer, puis on la met dans un bassin plein d'eau, on verse dans l'eau quelques gouttes de vernis blanc et dur, auquel on a préalablement ajouté un peu d'huile de lavande, on écrème légèrement cette couche de vernis qui surnage à l'eau, jusqu'à ce qu'elle devienne très-mince, alors, suivant la loi des anneaux de Newton, elle offre les nuances de l'iris. On retire doucement la médaille placée au fond du vase, et elle entraîne en sortant une partie de cette couche irisée qui se fixe à sa surface, puis on termine l'opération en faisant sécher la médaille qui offre alors une très-belle couleur bronzée.

Quand cette couche irisée orne le papier on la nomme opaline, et il est probable que quand le public en aura vu des échantillons, ce papier sera accueilli avec faveur.

Le but qu'on se propose par l'emploi de toutes ces méthodes, est de donner à l'œuvre le dernier fini, résultat auquel on parvient en suivant les préceptes indiqués pour produire la coloration. L'expérimentateur peut faire choix d'une de ces méthodes, mais aucune d'elles, ne surpasse ni même n'égale l'application de la plombagine ou d'un corps gras, quand on opère avec soin et d'après les règles indiquées.

178. On peut réduire le zinc à l'état métallique et brillant à l'aide de plusieurs dissolutions, attendu que l'oxyde de zinc est soluble dans un grand nombre d'acides. Le sulfate de

zinc, cependant est le plus répandu de tous les sels de ce métal, et il se forme en abondance et avec assez de pureté, dans le travail des batteries galvaniques. La dissolution de sulfate de zinc peut offrir tous les degrés de concentration possible, mais on doit préférer la plus concentrée; il faut qu'elle soit aussi neutre que possible, et il est bon d'ajouter un peu d'oxyde de zinc au sulfate, mais ce sel rougit toujours le papier de tournesol; on prépare très-bien le sulfate de zinc propre aux besoins de l'électro-métallurgie, à l'aide d'une série de ma batterie, en diminuant graduellement la rapidité de l'opération vers la fin, jusqu'à ce que le zinc commence à se déposer. Dans la pratique, le zinc ne peut être réduit que par le procédé de la batterie. On fait bien d'employer dans l'auge, un grand pôle positif en zinc, et on doit avoir soin de veiller à ce que le sulfate de zinc récemment formé soit convenablement réparti; l'appareil à auge composé est spécialement applicable à ce procédé, l'hydrogène offre une grande tendance à se dégager de la dissolution. La batterie doit être petite, attendu que le courant doit être faible, et la résistance dans ce cas doit résider plutôt dans la batterie et ses fils conducteurs que dans le pôle positif. Dans quelques cas on pourrait platiner le pôle positif de zinc, afin de neutraliser immédiatement toute quantité d'acide qui pourrait être mise en liberté.

On peut obtenir un dépôt de zinc malléable et flexible, que l'acide sulfurique étendu attaque beaucoup moins que le zinc du commerce.

L'ammonio-sulfate de zinc peut être obtenu en ajoutant de l'ammoniaque liquide à la dissolution de sulfate de zinc. C'est un bon conducteur, et on peut s'en servir avec un pôle positif en zinc. Cette dissolution est d'un emploi assez avantageux pour obtenir un dépôt métallique pur.

La potasse qu'on ajoute à une dissolution de sulfate de zinc donne un précipité qui se dissout dans un excès d'acide. Le zinc ne se réduit pas aussi facilement de cette dissolution que de celle du sulfate, car il est nécessaire d'employer une série pour atteindre ce but. Le pôle positif en zinc s'y dissout assez difficilement.

Le chlorure de zinc se prépare ordinairement en faisant dissoudre le métal dans de l'acide hydrochlorique, ce qui produit un grand dégagement d'hydrogène. On l'emploie quelquefois en chirurgie comme escharotique, et on peut l'employer en électro-métallurgie de la même manière que le sulfate de zinc. C'est une bonne dissolution, mais elle n'offre aucun avantage particulier.

Le chlorure de zinc obtenu par la voie galvanique est celui qu'on doit préférer pour les opérations électro-métallurgiques, et c'est la meilleure préparation pour obtenir le dépôt de zinc cristallisé.

Le nitrate de zinc, qu'on obtient en faisant agir de l'acide nitrique sur le zinc, est le plus mauvais sel que j'aie essayé pour obtenir l'état métallique pur.

L'oxyde de zinc est très-soluble dans l'hydrochlorate d'ammoniaque; cette dissolution offre une grande tendance au dégagement de l'hydrogène; c'est donc un composé peu propre à la réduction du métal à l'état malléable et ductile, quoiqu'il convienne parfaitement quand on veut obtenir en abondance du zinc à l'état spongieux.

L'acétate de zinc peut s'obtenir en faisant digérer l'oxyde de zinc dans de l'acide pyroligneux ou en faisant du zinc le pôle positif d'une dissolution de ce sel. Ce n'est point la dissolution qu'on doit préférer quand on veut obtenir l'état métallique pur par l'appareil de simple batterie.

Le tartrate de zinc, qu'on prépare comme l'acétate, n'offre aucun avantage particulier pour l'électro-métallurgie.

Le tartrate de potasse et de zinc peut s'obtenir en faisant bouillir l'oxyde de ce métal dans de la crême de tartre, ou en prenant pour pôle positif une plaque en zinc qu'on met dans une dissolution de bitartrate de potasse. Le pôle positif en zinc ne s'y dissout pas facilement.

L'hydriodate de zinc est une dissolution estimée par l'électro-métallurgiste. Pour le préparer, la voie galvanique est préférable; on emploie alors un pôle positif en zinc qu'on plonge dans une dissolution contenant une très-petite quantité d'iodure de potassium, et on met une très-grande quantité d'iode non dissous au fond du vase. L'iode est peu à peu absorbé par le liquide, et une quantité correspondante d'iodure de zinc se forme.

Le cyanure double de potasse et de zinc peut se préparer, soit en faisant digérer l'oxyde dans le cyanure de potassium, soit en soumettant au courant une plaque de zinc plongée dans la dissolution de cyanure. Il forme des cristaux octaédriques, mais c'est un sel difficile à décomposer et qui exige une série de batteries pour sa réduction; et, malgré tout, il est difficile d'en obtenir même une petite quantité de zinc.

La réduction du zinc n'offre en elle-même aucune importance, quoiqu'elle soit digne d'intérêt quand on l'examine sous le point de vue de son utilité comme pôle des batteries galvaniques. Si, par une cause quelconque, la totalité du liquide excitant d'une batterie, d'une série composée, se neu-

tralise, alors la cellule de cette batterie se trouvera dans les mêmes conditions que l'appareil employé pour la réduction du zinc, et du zinc se déposera immédiatement sur le pôle négatif. Ce phénomène se présente avec toutes les variétés de batteries connues actuellement; c'est là quelque chose de peu important, attendu qu'on doit arrêter l'action de la batterie avant qu'elle ne soit entièrement épuisée. Quand ce dépôt a lieu, on peut immédiatement le faire disparaître en mettant la plaque en contact avec un métal qui puisse jouer à son égard le rôle de plaque négative. Cette nécessité provient de la difficulté que le zinc pur éprouve à se dissoudre dans l'acide. Dans une série de douze batteries et plus, dès que l'acide du liquide excitant est saturé de zinc, le zinc se dépose sur la plaque négative, si une seule batterie de la série contient de l'acide; ainsi, onze batteries sur douze peuvent avoir leur métal négatif revêtu d'une couche épaisse de zinc d'un magnifique aspect, tandis que la dernière n'offrira aucune trace de ce dépôt. On ne trouve jamais du zinc dans toutes les batteries d'une série. Quand nous traiterons de la réduction des alliages, nous aurons à discuter un sujet plein d'intérêt.

Lorsqu'il s'agit de réduire le zinc d'un sel quelconque, on rencontre une difficulté dont nous donnerons l'explication quand nous traiterons de la réduction des alliages, car le zinc malléable et ductile de première qualité peut se déposer d'abord, et ensuite il peut se former un dépôt d'une des variétés de l'état spongieux. Ceci seul est un obstacle à ce qu'on tente la réduction du zinc sur une grande échelle.

La réduction du zinc est, en général, un procédé peu avantageux, attendu que le prix de revient du dépôt de ce métal est le même que celui du cuivre, leur équivalent voltaïque étant identique; pourtant le zinc ne vaut que 30 centimes le demi-kilog. tandis que la même quantité de cuivre coûte 1fr.20.

Le métal qu'on débite sous le nom de fer galvanisé n'est point du fer revêtu d'une couche de zinc par la voie galvanique, car le galvanisme y est complétement étranger. On nettoie le fer avec soin à l'aide d'un acide, puis on le plonge dans du zinc en fusion, et on l'agite dans le métal fondu jusqu'à ce que le fer se soit recouvert d'une couche de zinc. Il en existe une autre variété nommée fer étamé galvanisé. Ici, le fer est d'abord revêtu d'une couche de zinc, puis trempé dans de l'étain fondu. L'emploi du terme *galvanisé* n'est applicable à aucun de ces deux cas et n'est propre qu'à induire le public en erreur sur le procédé employé. Toute-

fois, ces procédés de zincage du fer sont extrêmement précieux et devraient être substitués à la peinture du fer.

179. Le cadmium offre plusieurs sels solubles, parmi lesquels le sulfate, l'ammonio-sulfate et le chlorure, sont les seuls dont je traiterai. On peut employer le sulfate avec un pôle positif en cadmium et une petite batterie. Pour les petites surfaces négatives, une des petites batteries de rognures en verre, que nous avons décrites en traitant de la réduction du platine suffit amplement. Le cadmium de bonne qualité ne se réduit pas facilement de son sulfate.

Le chlorure de cadmium peut être obtenu par le galvanisme, en se servant d'un fragment de cadmium pour pôle positif dans de l'acide hydrochlorique étendu. Le chlorure de cadmium se comporte à peu près de la même manière que le sulfate; cependant le cadmium a de la tendance à être précipité dans un état tout particulier, qui participe de l'état spongieux et de l'état cristallin, et l'hydrogène offre une grande tendance à se dégager de cette dissolution et de la précédente.

L'ammonio-sulfate de cadmium peut se préparer en ajoutant de l'ammoniaque à la dissolution de sulfate, attendu que le précipité est soluble dans un léger excès du corps précipitant. On peut l'employer avec un pôle positif de cadmium, qu'on met en communication avec une petite batterie de rognures. C'est la meilleure dissolution qu'on puisse employer pour obtenir l'état métallique pur.

La réduction du cadmium pourrait être obtenue avec avantage, comme équivalent de pouvoir; pour 1/20 de décime, on pourrait réduire 2gr.80 de ce métal; de sorte que 500 grammes de cadmium obtenus par le courant voltaïque ne coûteraient qu'environ 60 centimes à ajouter au prix d'achat du métal, qui est élevé, parce que ce métal est rare.

180. Les sels de fer ont une grande tendance à se peroxyder; dans cet état, ils ne peuvent être réduits par le courant voltaïque. On doit donc se servir des proto-sels, parmi lesquels nous citerons le proto-sulfate; on prépare ce dernier avec soin pour les besoins de la chimie, et la réduction du fer métallique peut s'effectuer à l'aide d'une dissolution de ce sel. Le métal destiné à recevoir le dépôt doit communiquer avec le zinc de la batterie, tandis qu'on met en communication un clou en fer avec l'argent; comme source de puissance, une batterie relativement petite peut suffire, et l'argent peut avoir la même grandeur que le pôle négatif de l'auge. On doit plonger le clou dans la dissolution à une profondeur suffisante, pour que très-peu ou point d'hydro-

gène se dégage du métal qui doit recevoir le dépôt de fer; et après un court espace de temps, on verra le métal négatif se couvrir d'une couche de fer métallique. Le métal réduit est plus brillant et un peu plus blanc que l'acier poli, mais il se ternit promptement à l'air.

Le proto-chlorure de fer peut se préparer en faisant dissoudre le fer dans de l'acide chlorhydrique. C'est un sel complètement neutre et très-propre à produire la réduction du métal. On peut le réduire par l'un des procédés de batteries; celui par la simple batterie suffit toujours : l'hydrogène n'a pas tant de tendance à se dégager que quand on emploie le sulfate, et le métal peut en être réduit facilement. C'est là une excellente dissolution, et peut-être la meilleure pour la réduction de ce métal. Si on enlève le fer de la plaque sur laquelle il s'est déposé, la surface qui touchait au pôle négatif offre un aspect poli si l'original est poli; des couches très-minces de ce métal offrent une cohésion assez marquée, mais inférieure cependant à celle du fer laminé du commerce.

On peut réduire le fer, mais en très-petite quantité, du ferro-cyanure de potasse qui, par conséquent, n'offre aucune utilité pour l'électro-métallurgie.

Les composés du fer avec les acides végétaux peuvent être employés par l'électro-métallurgiste. On peut obtenir le citrate en se servant, pour pôle positif, d'une plaque de fer plongée dans une dissolution d'acide citrique; mais ce citrate est difficile à décomposer et exige une série de batteries.

Le proto-iodure de fer, tel que celui qu'on emploie en médecine, peut servir aux besoins de l'électro-métallurgie; mais, pour cet objet, c'est un composé inférieur au chlorure.

Le fer réduit par l'électricité n'a pas été étudié sous le rapport de ses propriétés magnétiques, et probablement, le fer pur obtenu par cette voie doit posséder certaines propriétés encore inconnues.

La réduction du fer, sous un certain point de vue, est la pire de toutes les opérations que peut exécuter l'électro-métallurgiste; car la valeur de ce métal est nulle en comparaison d'un certain nombre d'autres dont nous avons eu à traiter. Les maîtres de forges seront donc satisfaits quand ils sauront que, pour un équivalent de puissance galvanique engendré par ma batterie, et coûtant 1/20 de décime, on ne parvient à réduire que 1gr.40 de fer; en sorte que pour réduire un demi-kilo de ce métal, valant 10 centimes, la dé-

pense irait au-delà de 1 franc 20 centimes, pour l'acquisition seule des substances propres à obtenir cette réduction, et qui serait à ajouter au prix du métal lui-même. Ainsi, les hauts-fourneaux continueront à vomir journellement dans l'air leurs vapeurs empestées, et leurs flammes qui, pendant l'obscurité des nuits, offrent l'image d'un pandœmonium qui souille l'atmosphère, et nuit à la végétation en portant également le plus grand préjudice à la santé des êtres vivants.

181. L'étain est un métal difficile à traiter, parce que sa transition de l'état franchement spongieux à l'état cristallin est si rapide, que c'est à peine si on peut espérer obtenir une quantité quelconque de dépôt à l'état malléable. Les sels de ce métal, sur lesquels j'ai fait des essais, sont nombreux ; mais ils offrent tous les mêmes caractères généraux. L'hydrochlorate est le plus répandu de ces sels. Il laisse déposer de très-beaux cristaux quand on le décompose à l'aide de la batterie de débris, munie d'un pôle positif d'étain. Si la batterie est très-énergique, si le pôle positif d'étain offre de grandes dimensions, et si la dissolution est concentrée, l'accroissement du dépôt se fait avec une rapidité étonnante ; d'abord on aperçoit un petit point sur le pôle négatif, ce point s'accroît rapidement, et, en quelques secondes, s'étend jusqu'au pôle positif. Si pendant cet accroissement rapide, on éloigne le pôle positif, le dépôt cristallin continuera de s'avancer à sa rencontre.

Cependant, pour obtenir les plus beaux cristaux, il faut se servir d'une dissolution très-concentrée de sel neutre, et d'une batterie peu énergique; par ce moyen, on obtiendra un dépôt magnifique. Le dépôt spongieux offre un aspect tout particulier, et l'électro-métallurgiste est exposé à l'obtenir plus souvent qu'il ne voudrait ; car ce dépôt léger, floconneux, qu'on observe si fréquemment pendant qu'une batterie fonctionne, n'est autre chose que de l'étain métallique, qui provient de ce que des rognures de zinc, mêlées à de la soudure, ont été fondues en même temps que le zinc brut. Si on presse une partie de cette masse entre les doigts, de manière à en former une sorte de pâte, et qu'on la frappe ou la frotte contre un objet dur, elle prendra un aspect métallique et brillant.

Le sulfate d'étain peut se préparer en faisant digérer le protoxyde dans de l'acide sulfurique étendu ; c'est un sel qu'on doit préférer à l'autre, et qu'on pourrait employer, dans certains cas, pour recouvrir le fer. On peut en obtenir une espèce de dépôt d'une nature moins cristalline, mais qui

n'offre pas les qualités voulues pour former une médaille d'étain.

L'oxalate d'étain et l'acétate d'étain se préparent de la même manière que le sulfate Ils ne sont pas aussi bons conducteurs que ce dernier, et ne produisent, sous aucun rapport, un bon dépôt malléable.

La dissolution de potasse et d'oxyde d'étain est un mauvais conducteur, qui exige, pour se décomposer, une forte batterie. On peut en obtenir, sans doute, un dépôt métallique d'une bonne épaisseur; mais je n'ai jamais réussi à en faire une médaille.

L'oxyde d'étain, dissous dans le cyanure de potassium, est difficile à décomposer, et ne laisse déposer aucune parcelle d'étain.

J'ai expérimenté sur un grand nombre d'autres mélanges de ces sels, tels que l'oxyde d'étain avec la crême de tartre, le sulfate d'alumine, le chlorure de sodium, l'hydriodate de potasse, etc.; mais je n'ai obtenu aucun résultat satisfaisant.

La réduction de l'étain par le galvanisme ne peut pas être considérée comme une opération avantageuse, à cause du peu de valeur du métal. Un équivalent de pouvoir, en effet, coûtant 1/20 de décime, ne réduit qu'environ 2gr.90 d'étain, ce qui fait monter le prix de la puissance obtenue à 60 c. le demi-kilog., prix qui doit être ajouté à celui de l'étain lui-même.

182. Le plomb n'offre que peu de sels solubles parmi lesquels, l'acétate, le nitrate et le plombo-cyanure, méritent de fixer l'attention.

L'acétate est très-soluble, et peut servir à la réduction du métal; à cet effet on peut employer un pôle positif en plomb qu'on fait communiquer avec une petite batterie. Le plomb offre une telle tendance à se déposer en cristaux dans cette dissolution, et les cristaux grossissent si vite, acquièrent un si grand volume, qu'il serait inutile de chercher à en obtenir le dépôt métallique et malléable, surtout parce que le passage de l'état spongieux à l'état malléable est très-rapide. Les cristaux de plomb réduits par le zinc forment ce qu'on nomme l'arbre de saturne; pour l'obtenir on suspend un petit fragment de zinc dans une bouteille, contenant une dissolution limpide d'acétate de plomb, le métal, alors, se précipite promptement, et continue à se déposer en prenant le bel aspect arborescent qui lui a fait donner le

nom qu'il porte. On peut varier l'expérience en employant un fil de cuivre qu'on enroule autour du zinc et qu'on fait pénétrer jusqu'au fond du vase, alors le plomb se déposera également sur le fil de cuivre.

Dans une dissolution d'acétate de plomb, le pôle positif s'incruste d'un dépôt de peroxyde de ce métal. J'ai observé un dépôt semblable pendant la décomposition d'autres sels métalliques, mais comme ce fait ne présente aucun intérêt pratique, je ne m'en occuperai pas davantage. Cet oxyde a été employé par M. Grassiot pour former des métallo-chromes, qui, par leur beauté et leurs couleurs, ne sauraient être égalés par aucun autre objet d'art (1); on les prépare en précipitant un dépôt d'épaisseur inégale sur une plaque de métal poli, de l'acier bruni par exemple. La différence dans l'épaisseur de ce dépôt s'obtient en plaçant la plaque d'acier à des distances inégales du pôle négatif, ce dernier doit être formé d'un disque de cuivre légèrement convexe dont les points de la surface se trouvent par conséquent à des distances inégales de ce pôle. Le *modus operandi* que M. Grassiot recommande d'employer consiste à placer la plaque polie d'acier (*p*), fig. 34, dans une dissolution d'acétate de plomb, sur cette plaque on dispose un morceau de carte découpé à jour et représentant un dessin (*c*), une petite bordure en bois (*w*) doit être placée sur la carte, et le disque circulaire en cuivre (*d*) (qui est représenté à part dans la gravure) est placé sur le tout. Le contact étant établi à une température de 5 à 20 degrés, à l'aide de deux ou trois cellules d'une petite batterie, la plaque d'acier est mise en communication avec l'argent, le disque de cuivre avec le zinc, le dépôt aura lieu, et les couleurs les plus séduisantes viendront réjouir la vue de l'expérimentateur. Ces couleurs ont leur source dans la décomposition de la lumière par une couche de peroxyde d'épaisseurs inégales. A l'aide de la lumière réfléchie on observe toutes les couleurs du prisme, et par la lumière diffuse, une série de couleurs complémentaires de la première série, semblera occuper la place de la première série.

La meilleure manière d'observer ces couleurs si brillantes, consiste à placer la plaque devant une fenêtre et à incliner une feuille de papier blanc sous un angle de 45 degrés, sur la plaque, alors si on examine cette plaque sous un angle

(1) La coloration des métaux par les oxydes d'autres métaux déposés au moyen de la pile, est une des plus belles découvertes de notre savant M. Becquerel. Ses travaux sont assez connus pour n'être pas ignorés de M. Smee, et nous sommes étonné de lui voir attribuer à un autre le mérite de cette découverte. *(Note du Traducteur.)*

considérable les couleurs paraissent naître, à s'y méprendre, d'un fond blanc (1).

Le pernitrate de plomb est meilleur que le précédent pour obtenir un dépôt malléable, on peut l'employer de la même manière que l'acétate, mais je n'ai pu réduire que de petites parties de plomb malléable, que j'enlevais par écailles du pôle négatif.

Avec du cyanure de plomb et de potassium, j'ai réduit du plomb à l'état malléable et de bonne qualité, qu'on pouvait enlever par bandelettes de la plaque négative, mais je ne l'ai obtenu qu'en petite quantité, ce qui dépend, sans doute, de l'insolubilité de l'oxyde de ce métal au pôle positif.

La réduction du plomb par le galvanisme, indépendamment des difficultés qui l'accompagnent, n'est pas une opération avantageuse, parce que ce métal est de peu de valeur, cependant comme on obtient 5gr.20 de plomb pour un équivalent de puissance, cette circonstance diminue les frais de l'opération.

183. L'antimoine est un métal qui ne mérite qu'une simple mention. La seule dissolution qui mérite de nous occuper est celle du tartrate de potasse et d'antimoine. Il est très-propre à produire un dépôt malléable, il est assez difficile à décomposer et exige une couple de batteries munies d'un pôle positif; le métal, alors, se précipite lentement mais forme un dépôt brillant, qui peut être enlevé par écailles du pôle négatif, l'antimoine au lieu de se déposer au pôle négatif, se combine quelquefois avec l'hydrogène et se dégage sous forme d'hydrogène antimonié.

184. Le bismuth est également un métal offrant peu d'intérêt sous le point de vue de son application à l'électro-métallurgie, le pernitrate est un sel soluble, et peut être employé avec un pôle positif du même métal fixé à une simple batterie. Cependant, le dépôt provenant de cette dissolution a une grande tendance à revêtir un aspect qui participe de l'état spongieux et de l'état cristallin.

Le pernitrate, ou sel de bismuth employé en médecine,

(1) J'ai obtenu des métallo-chromes semblables à ceux décrits ci-dessus, d'une manière très-différente, mais cependant en suivant les mêmes principes. Une plaque de cuivre poli, placée sur une carte découpée à jour, puis exposée à la vapeur de l'iode, se revêt d'une couche mince, probablement d'iodure de cuivre, qui offre les couleurs les plus belles; ces couleurs sont cependant inférieures en beauté à celles qu'on fait naître en se servant de peroxyde de plomb. On peut varier cette expérience de plusieurs manières.

est un sel insoluble et ne peut servir pour cette raison à l'électro-métallurgiste.

L'iodure de bismuth est soluble dans un excès d'iodure de potassium, mais je n'ai pu en tirer aucun parti avantageux.

Le tartrate de potasse et de bismuth peut se dissoudre, en se servant d'un fragment de bismuth comme pôle positif dans une dissolution de bi-tartrate de potasse, on peut l'employer en se servant de deux batteries disposées en série, ce n'est point un bon conducteur, et le métal ne s'y réduit point facilement; une poudre blanche se dépose sur l'électrode positif, et s'oppose bientôt à toute action dans l'appareil. On attache si peu d'importance à la réduction de ce métal à l'état malléable, que je n'ai consacré que peu de temps à son étude.

185. L'urane est un autre métal que j'ai tenté de réduire de son nitrate, mais sans succès. En effet, c'est un persel qui ne peut être réduit. Je n'ai point réussi à me procurer des protosels d'urane pour les expérimenter.

186. L'arsenic n'offre également aucun intérêt à l'électro-métallurgiste; cependant, il y a quelques particularités à noter dans les caractères qu'il présente, quand on le soumet au fluide voltaïque, et qui méritent de fixer un moment notre attention.

L'oxyde d'arsenic, ou acide arsénieux, est trop souvent employé comme toxique; et quoique les moyens qu'on possède pour reconnaître sa présence, lorsqu'il a été administré dans un but coupable, soient plus simples et plus certains que ceux dont on dispose pour découvrir la présence de tout autre poison, cependant l'imagination des chimistes s'évertue sans cesse à trouver quelque moyen nouveau pour atteindre ce but. Je ne m'occuperai ici que de l'emploi qu'on peut faire de l'électro-métallurgie, pour parvenir à découvrir les traces de ce métal.

L'acide arsénieux n'est point très-soluble dans l'eau, et est mauvais conducteur du fluide voltaïque. On peut le décomposer à l'aide d'une série de batteries munies d'électrodes en platine. L'oxygène se dégage au pôle positif, et le métal se dépose au pôle négatif. Cependant, l'hydrogène, dans ce cas, ne réduit pas seulement une partie du métal, mais se combine avec une autre partie de ce métal pour former de l'hydrogène arsenié. Ce gaz a une odeur alliacée, et c'est là un des caractères qui dénotent sa présence. Si on enflamme un petit jet de ce gaz, et qu'on le dirige sur un corps froid placé au-dessus de lui, il s'y dépose de l'acide arsénieux;

mais, cependant, si on abaisse ce corps froid, de manière à déprimer la flamme, il se déposera de l'arsenic métallique.

Les phénomènes produits par ce gaz furent ingénieusement appliqués par Marsh à la recherche de l'arsenic. Il employait du zinc, de l'acide sulfurique étendu, et le liquide suspect, puis il éprouvait l'hydrogène enflammé d'après le procédé décrit ci-dessus. Il a indiqué une multitude de moyens ingénieux pour arriver à ce résultat. Quelquefois, il emploie un tube simplement recourbé sur lui-même, et dans une des extrémités duquel est fixé un robinet, l'autre extrémité est libre; quelquefois, ce tube est dilaté en forme de ballon. On a décrit une foule d'appareils pour produire ce gaz. Ils sont tous très-propres à reconnaître la présence de l'arsenic, quand ce dernier n'est point mêlé à des matières organiques; mais, quand on veut examiner les matières contenues dans le tube digestif, ils ne conviennent point, à cause de l'écume qui se forme ordinairement. Quand l'arsenic est ingéré dans l'estomac, cet organe, irrité par la présence de cet hôte incommode, s'efforce de s'en débarrasser; de là, cette sécrétion d'un mucus abondant, qui enveloppe le poison et protège jusqu'à un certain point cet organe contre son action délétère. Le chimiste devrait séparer mécaniquement de la matière de cette sécrétion la poudre blanche, et la soumettre à l'analyse; car, ce n'est que dans les cas où l'empoisonnement a été produit par de très-petites quantités de la substance toxique, que cette dernière ne se présente pas dès l'abord sous forme de poudre blanche. Après l'avoir mise à part, il faut la dessécher à l'aide d'une douce chaleur, puis la mettre au fond d'une éprouvette, sous laquelle on place une lampe à esprit-de-vin; la poudre, alors, se volatilise, et remplit la capacité de l'éprouvette; elle peut ensuite être soumise aux diverses épreuves que l'expérimentateur juge convenables. Si on emploie l'éprouvette à hydrogène arsenié, cet instrument doit être d'une certaine capacité; on peut, à cet effet, se servir d'une fiole, munie d'un tube en verre effilé, qui traverse un bouchon percé d'un trou.

Le zinc, lui-même, peut contenir une certaine quantité d'arsenic; c'est pourquoi, dans les expertises médico-légales, il est préférable de n'employer que du zinc réduit par le galvanisme; l'acide sulfurique peut aussi, dans quelques cas, contenir de petites parties de ce métal; c'est une raison pour l'analyser d'abord. On ne doit jamais se contenter de cette épreuve seule, à moins qu'on ne puisse obtenir de l'acide arsénieux, en quantité suffisante pour éprouver le nitrate d'argent ammoniacal, le sulfate ammoniacal de cuivre et l'hy-

drogène sulfuré; car on pourrait prendre un petit dépôt d'antimoine pour de l'arsenic, et même un petit dépôt de matière animale pourrait donner lieu à la même méprise.

Marton, dans le but d'écarter les erreurs qui pourraient naître de la présence de corps étrangers dans l'acide ou le zinc, a proposé de soumettre le liquide suspect à l'action d'une batterie puissante, puis d'examiner l'hydrogène. La seule difficulté qu'offre ce procédé est le peu de conductibilité du composé sur lequel on doit opérer. On pourrait vaincre cette difficulté par l'addition de potasse pure.

J'appellerai l'attention du lecteur sur le moyen suivant, de tirer parti du pouvoir que nous possédons, de soumettre le liquide suspect à un courant galvanique faible, mais longtemps continué. Par ce moyen, nous devrions pouvoir reconnaître la présence de l'arsenic, en chauffant le pôle négatif dans une éprouvette, ce qui déterminerait la formation de l'acide arsénieux. Celui-ci se déposerait à la partie supérieure du tube, et, si on l'éprouvait, donnerait des signes non équivoques de la présence de ce métal. Ce moyen, quoiqu'il ne soit pas le plus délicat, est le plus satisfaisant auquel on puisse recourir; car on ne serait pas obligé d'introduire, dans la dissolution suspecte, aucune substance étrangère; en sorte qu'on ne pourrait élever l'ombre d'un doute sur l'exactitude de l'expérience, dans le cas où on découvrirait de l'arsenic. Si, cependant, on ne réussissait pas à obtenir de l'arsenic, cela ne prouverait pas qu'il n'y en ait point dans les matières soumises à l'examen. A l'aide de ce moyen, on peut reconnaître les signes caractéristiques suivants :

1° La réduction de l'arsenic métallique sur le platine;

2° Sa volatilité et son changement en acide arsénieux qui ne ternit pas la surface du plateau;

3° Le précipité jaune d'arséniate d'argent et de nitrate ammoniacal d'argent;

4° Le précipité vert d'arséniate de cuivre et de sulfate de cuivre ammoniacal;

5° Le sulfure jaune d'arsenic et l'hydrogène sulfuré.

Pour conduire cette opération, il ne faut pas une série moindre de douze batteries, et il faut continuer l'expérience jusqu'à ce que le pôle négatif de platine (un fil métallique peut suffire) se couvre d'une couche d'arsenic métallique, qui offre un aspect brillant et noirâtre. On recourbe alors le fil, on le plonge dans une éprouvette, et on chauffe cette dernière avec une lampe à esprit-de-vin; alors l'arsenic se montre à la partie supérieure du tube, sous la forme de petits cristaux blancs, qu'on doit faire dissoudre pour les sou-

mettre à d'autres dissolutions, en continuant cette opération pendant un temps suffisant, la totalité ou la plus grande partie de l'arsenic sera réduite, et alors le médecin pourra paraître en justice armé de preuves morales et surtout matérielles, c'est-à-dire la présence de l'arsenic.

Si on se sert d'un pôle positif en argent et d'une dissolution contenant de l'acide arsénieux, il se formera un précipité jaune ou vert; mais ce moyen n'est point très-propre à faire reconnaître la présence de l'arsenic.

187. J'ai essayé de réduire le tungstène de l'acide tungstique, en employant un fil fin de platine comme pôle positif dans une dissolution de cet acide. C'est un conducteur médiocre et qui exige une série de neuf ou dix batteries. Cependant je n'ai pu réussir à précipiter ce métal de son acide.

188. On peut réduire le cobalt de son chlorure auquel on a ajouté de l'ammoniaque, en se servant d'un pôle positif de cobalt uni à une série de batteries, alors le dépôt se formera sur la plaque négative, qui peut être en cuivre. Le métal réduit est blanc, mais ne se précipite pas facilement. Le chlorure de cobalt seul, ne paraît céder qu'un oxyde au pôle négatif; le cyanure de cobalt et de potassium, qu'on prépare en faisant digérer de l'oxyde de cobalt dans le cyanure, cède, par la décomposition produite par une batterie composée, un peu de métal, mais l'hydrogène a une grande tendance à se dégager de cette dissolution.

189. On a tenté de réduire le manganèse du sulfate et du chlorure de ce métal, mais ces tentatives ont échoué complètement, car l'hydrogène se dégage d'une surface unie, plutôt que de réduire le métal. Au pôle positif, un dépôt irisé, probablement de peroxyde de manganèse se précipite avec abondance.

CHAPITRE V.

De la réduction et de l'analyse des alliages.

De la réduction et de l'analyse des alliages. Règle pour compléter le circuit voltaïque à travers diverses dissolutions, 190. — Tableau de la facilité relative de décomposition, 191.

190. Jusqu'ici nous n'avons examiné que la préparation des sels simples et la réduction des métaux isolés. Il nous reste à traiter une question importante, celle de savoir si deux ou plusieurs métaux peuvent être réduits en même

temps, et si les métaux peuvent être précipités conjointement avec d'autres corps. Cette question, eu égard au nombre immense des dissolutions, devient extrêmement complexe, et dans l'état actuel de nos connaissances, on ne peut que donner une esquisse générale des lois qui président à la manifestation de ces phénomènes. En étudiant ce sujet, je commençai par choisir des métaux très-disparates sous le rapport de la facilité de leur réduction par l'hydrogène; ainsi, ayant mêlé des dissolutions de sels de zinc et de sels de cuivre, ce dernier, seul, fut réduit au pôle négatif. Je ne mentionnerai pas une masse d'expériences semblables auxquels je me suis livré, je me contenterai de poser, comme principe fondamental, une loi absolue que j'ai découverte par suite d'une étude approfondie de la force voltaïque, à savoir : *que le circuit voltaïque parcourt invariablement la route qui offre le moins de résistance au passage de la force*, ce qui revient à dire : que si un grand nombre de routes sont ouvertes, par lesquelles ce passage puisse avoir lieu, le courant, pourvu que la route soit assez large, passerait exclusivement par celle qui offrirait le moins de résistance. Par exemple, si on ajoute à de l'acide nitrique concentré, du chlorure d'or, du chlorure de platine, du chlorure de palladium, ou tout autre sel métallique qui puisse se dissoudre dans l'acide, et si on décompose le mélange entre les pôles de platine, on verra que le circuit ne se complète qu'en passant à travers l'acide nitrique. On peut faire l'expérience en plaçant chaque sel dans un vase séparé, le résultat sera le même, car le courant ne traversera que le liquide le plus facile à décomposer, pourvu que les électrodes exposés à l'action du liquide soient d'une grandeur suffisante. En agissant d'après ce principe, le débutant verra qu'un corps peut être séparé d'un autre corps, ou même d'un certain nombre d'autres corps; ainsi, si l'on dissout du laiton dans de l'acide sulfurique étendu, par l'intermédiaire de la force voltaïque, le précipité qui se formera au pôle négatif sera du cuivre pur, si on dirige l'opération d'une manière convenable. Une personne qui avait obtenu fortuitement ce résultat, fit l'acquisition d'une grande quantité de cet alliage dans l'espoir de faire sa fortune, croyant avoir découvert la transmutation des métaux, quoiqu'elle ait fini par reconnaître qu'elle ne recueillait véritablement que la quantité de cuivre contenue dans l'alliage.

Quelles que soient les expériences citées relativement à la réduction des alliages, leur contraire s'applique exactement à la séparation d'un métal d'avec un autre métal. Avant d'aller plus loin, il serait nécessaire de dresser une liste des

liquides à travers lesquels le circuit voltaïque peut se compléter, et de les disposer par ordre, suivant leur facilité plus ou moins grande à livrer passage au courant voltaïque. Comme nous avons prouvé que la décomposition de différents sels doit être attribuée à l'action secondaire de l'hydrogène, appelée décomposition électro-chimique, la seule chose que nous avions à déterminer est le point, dans certains cas, auquel l'hydrogène se dégagerait, plutôt que de décomposer le sel métallique. Mais la construction même de ma batterie repose sur ce fait fondamental, que différents métaux, et que même des métaux semblables, dans certains cas, dégagent de l'hydrogène de la même dissolution avec une facilité plus ou moins grande. Il est naturel de supposer alors, si notre loi sur le passage du fluide est vraie, qu'il existe certaines circonstances dans lesquelles la nature de la plaque négative, sur laquelle se fait le nouveau dépôt, exerce une influence sur le résultat de l'opération. Eh bien! c'est ce qui arrive, car quelquefois, dans la même dissolution, lorsqu'on se sert d'une plaque négative polie, le circuit se complétera par la réduction d'un métal; mais quand on emploie une plaque rugueuse, c'est le dégagement de l'hydrogène qui a lieu. Ce fait, si plein d'intérêt, peut être parfaitement démontré à l'aide d'une dissolution de zinc légèrement acidulée, dans laquelle on voit du zinc brillant se précipiter sur du platine poli, tandis que l'hydrogène se dégage du platine platiné. On peut varier cette expérience d'un grand nombre de manières, avec des résultats différents; car, dans certains cas, le gaz se dégagera, tandis que, dans d'autres, il se déplacera par suite de la décomposition de quelque liquide composé. Ceci introduit un nouvel élément dans la discussion, car il faudrait dresser un tableau de la facilité relative avec laquelle l'hydrogène se dégage de différents corps. Le sommet de ce tableau est, soit du platine, du palladium ou de l'argent, à l'état de division extrême où je l'emploie pour ma batterie : mais je ne puis indiquer actuellement la relation exacte qui existe entre les métaux divisés à l'infini, ou même celle qui existe entre ces métaux dans des états différents, dans des dissolutions différentes ou dans la même dissolution, à des températures variées. Ce serait là un si rude labeur, qu'avec mes occupations actuelles, je ne me sentirais pas capable de l'entreprendre.

Le dégagement de l'hydrogène d'une dissolution quelconque, étant pris pour unité, dès que la facilité avec laquelle ce gaz se dégage est moindre que tout autre mode par lequel le circuit peut être complété, l'évolution de l'hydrogène

est classée dans ce mode. En général, si l'hydrogène ne se dégage pas, il réduit quelque corps oxygéné ou quelque sel métallique; et alors, l'analogie persiste par la réduction, par l'hydrogène de ce sel métallique, qui cède son métal à ce gaz. Ce dernier se dégage peut-être plus facilement de l'acide hydrochlorique ou de l'acide sulfurique étendu.

191. Il faudrait posséder, en outre, un autre tableau plus vaste, qui montrerait la facilité relative avec laquelle les corps sont réduits par l'hydrogène; peut-être l'acide nitrique occupe-t-il le premier rang dans ce tableau; puis viennent les sels de quelques-uns des métaux les plus précieux, tandis que les sels de zinc et de beaucoup d'autres métaux sont au-dessous du dégagement de l'hydrogène d'une dissolution d'acide sulfurique étendu.

Acide nitrique.	Hydrogène, acide sulfurique étendu.
Chlorure d'or.	Sulfate de cadmium.
Nitrate de palladium.	— de zinc.
Chlorure de platine.	— de nickel.
Nitrate d'argent.	— de fer.
Sulfate de cuivre.	— de manganèse.
Sulfate d'étain.	Presque tous les sels alcalins.

L'hydrogène réduit facilement les persels de fer en protosels, fait d'une importance immense dans beaucoup d'opérations électro-métallurgiques.

Le tableau précédent n'est que le specimen imparfait d'un tableau qui indiquerait la facilité avec laquelle on peut obtenir le dégagement du gaz; c'est pourquoi, en supposant que les électrodes fussent d'une grandeur suffisante, et qu'on pût disposer d'une ample quantité des dissolutions des divers sels, un seul composé serait décomposé à la fois.

Cependant, je suppose qu'en ayant recours à un courant voltaïque énergique, on obtienne une telle somme de force d'un petit électrode, qu'un corps composé quelconque placé près de lui ne puisse suffire à compléter le circuit, ce dernier se compléterait alors, à travers deux, trois, quatre corps, et même plus, et il les réduirait tous à la fois; ainsi, le mélange de sels métalliques avec l'acide nitrique dont je me suis servi, décomposé par un courant énergique avec de petits électrodes, m'offrit un grand nombre de métaux réduits; tandis que lorsque les pôles furent agrandis, le circuit fut entièrement complété à travers l'acide nitrique. J'ai décomposé de la même manière vingt dissolutions différen-

tes, non pas avec une série de batteries, mais avec une cellule à décomposition.

Règle générale, pour obtenir un dépôt de deux ou plusieurs corps sur un pôle négatif, il faut employer une somme de force voltaïque plus que suffisante pour réduire le corps élémentaire des composés dont la séparation est plus facile. Comme conséquence de la première loi, qui règle la qualité du métal réduit par le courant voltaïque, le métal est toujours réduit a l'état spongieux quand l'hydrogène se dégage du pôle négatif; c'est pourquoi il serait impossible d'obtenir un alliage à l'état malléable dans une dissolution de deux métaux, dont l'un serait au dessus et l'autre au-dessous du point où l'hydrogène se dégage du pôle négatif particulier qu'on emploie dans ces dissolutions.

Tels sont, en quelques mots, les principes à suivre pour la réduction des alliages; mais jusqu'à présent, je n'ai pu parvenir à réduire un alliage à l'état de dépôt parfaitement malléable et ductile; et cependant, je suis convaincu qu'en suivant les règles tracées plus haut, on pourrait réussir dans ces tentatives à l'égard de certains métaux, par un examen attentif de leurs différents sels.

On dit avoir obtenu des dépôts de laiton à l'aide du galvanisme; mais, dans ces cas, le zinc et le cuivre ont été réduits en même temps, et leur alliage a ensuite été complété par la chaleur.

La loi générale qui préside à la réduction des alliages est extrêmement importante, et ne s'applique pas seulement au sujet qui nous occupe; car l'expérimentateur reconnaîtra que le courant passe, d'une manière constante, par la route qui lui offre le moins d'obstacle, que cet obstacle soit solide, liquide, simple, composé, petit ou grand.

LIVRE III.

DE LA DORURE, DE L'ARGENTURE, DU PLATINAGE, ETC.

192. L'action de revêtir un métal d'une couche d'un autre métal est un sujet digne d'intérêt. Ce procédé métallurgique a reçu différents noms, suivant le corps métallique dont on fait usage ; ainsi, lorsqu'on emploie de l'or, ce procédé se nomme *dorure;* quand c'est du cuivre, *cuivrage;* quand c'est de l'argent *argenture* ou *plaqué*, etc. Dans chacun de ces cas, on se propose de faire adhérer les deux métaux ; il faut donc avoir soin d'empêcher qu'une couche d'air ne s'interpose entre eux ; car cette circonstance nuirait à l'adhérence qu'on veut obtenir. Il faut avoir également soin de bien décaper le métal, de le soumettre à l'action de la chaleur, d'agir légèrement à sa surface et de le bien laver après cette opération.

193. La galvano-dorure est, dans la plupart des cas, extrêmement facile (1); car, si on se conforme scrupuleusement aux règles ci-dessus indiquées, l'opération n'exigera que fort peu de peine. On peut dorer le platine, le palladium, l'argent, le

(1) 193. Nous répèterons ici ce que nous avons déjà dit : les procédés de dorure, de platinage et d'argenture proposés par M. Smee, n'ont plus aujourd'hui qu'un mérite de priorité, depuis que les belles découvertes de MM. de Ruolz et Elkington ont résolu si complétement le problème de la galvano-dorure. Voir à l'Appendice.

cuivre, le carbone et même l'or, ou n'importe quel autre métal, quand on emploie le cyanure d'or et de potassium La surface du métal sur lequel on veut appliquer la dorure doit être bien nettoyée et dépouillée d'air, soit en le plaçant dans de l'acide nitrique, ou dans une dissolution de potasse, soit enfin en le plongeant dans un acide, après l'avoir soumis à un recuit. Le dépôt métallique s'effectuera d'autant mieux que la surface du corps sera plus unie; car une surface rugueuse n'est pas propre à faire réussir cette sorte d'opération, attendu que l'hydrogène a une grande tendance à se dégager pendant qu'on la pratique. Lorsque le métal qu'on veut dorer n'est pas de nature à décomposer la dissolution d'or, on peut donner à celle-ci plus de force, lorsque, au contraire, le métal (comme l'argent et le cuivre) agit sur cette dissolution, il faut qu'elle soit plus faible. La force du courant électrique doit varier suivant ces circonstances; mais, en général, son intensité doit être peu considérable.

Fidèle au plan que je me suis tracé, je ne ferai connaître ici, avec détails, que les meilleurs procédés de chacune des subdivisions de l'électro-métallurgie. Quant aux personnes qui désirent recourir à d'autres dissolutions ou à d'autres procédés, je les renvoie au second livre de cet ouvrage, dans les cinq chapitres duquel elles trouveront les renseignements qui leur permettront de faire subir à leurs opérations les modifications qu'elles jugeront convenables.

194. La dissolution de cyanure d'or et de potassium est celle qu'on doit préférer pour la dorure galvanique. C'est à peine si elle peut être décomposée par aucun métal. On peut préparer ce sel en faisant digérer de l'oxyde d'or dans une forte dissolution de cyanure de potassium; mais nous ne reviendrons pas sur sa préparation, que nous avons amplement fait connaître en traitant de la réduction de l'or. Pour la dorure galvanique, on doit préférer une dissolution concentrée de ce sel, et le mettre dans un vaisseau de verre, à cause de sa nature corrosive.

195. Il serait impardonnable d'employer pour dorer, un autre procédé que celui de la batterie Le procédé par la simple batterie suffit toutes les fois qu'on n'est point pressé par le temps, et est en général préférable; mais, s'il faut agir promptement, la batterie composée, formée de 2, 3 ou 4 batteries, doit avoir la préférence; ou bien, il faut ajouter plus de cyanure de potassium à la dissolution d'or. La grandeur de la batterie ne doit jamais excéder la grandeur de l'objet qu'on veut dorer; quoique, cependant, si elle était plus grande, cela n'exercerait aucune influence fâcheuse,

attendu qu'un puissant obstacle au passage du courant se trouve placé au pôle positif en or. Le pôle positif, règle générale, doit être formé d'un fragment d'or aplati, et la partie de ce pôle exposée au contact de la dissolution ne doit pas excéder l'étendue de l'objet destiné à recevoir le dépôt.

Chaque partie de l'objet sur lequel on ne veut pas que l'or se dépose doit être enduite de suif, de cire, ou de tout autre corps non conducteur, dont la présence s'opposera à la formation du dépôt. De cette manière, un objet quelconque peut être revêtu d'une couche d'or, suivant la volonté de l'expérimentateur, soit sur toute sa surface, soit seulement sur des points circonscrits. Ainsi, on peut ne dorer par exemple que les traits d'un dessin ou de l'écriture tracés sur cette surface. La rapidité de l'opération peut être réglée avec la plus grande précision, en plongeant une étendue plus ou moins grande de la plaque positive d'or dans la dissolution. Par ce moyen, comme dans d'autres circonstances, la quantité d'électricité qui passe peut être réglée avec la plus grande précision.

Le temps employé pour l'opération doit varier selon la somme du courant, et la quantité d'or qu'on veut déposer; mais l'épaisseur du dépôt peut être appréciée à volonté, soit en s'assurant du poids dont il s'est augmenté, ou par la diminution que le pôle positif a éprouvée.

Pour diriger cette élégante opération, avec la plus grande économie de temps possible, on doit régler la quantité d'électricité d'après la force de la dissolution métallique, de sorte que l'hydrogène soit maintenu au-dessous du point où il doit se dégager de la plaque négative; car il faut toujours se souvenir que le dégagement de l'hydrogène est un résultat fâcheux, attendu qu'il est toujours accompagné de la formation d'un dépôt finement divisé, et même de celui de poudre noire.

Pendant l'opération, surtout si l'objet offre une surface rugueuse, il est bon de l'ôter de la dissolution avant que cette opération ne soit terminée, et de le frotter avec une brosse rude et du blanc d'Espagne ou de la terre pourrie, et de le bien laver; par ce moyen, on enlèvera le métal finement divisé qui pourrait se trouver à la surface, et l'or s'y précipitera avec uniformité. Ce nettoyage n'est pas nécessaire quand le dépôt se forme très-lentement du cyanure d'or et de potassium. La couleur de l'or, si la couche précipitée est très-mince, sera d'un jaune-verdâtre; mais, quand cette couche sera plus épaisse, elle offrira la couleur propre à ce métal, à l'état de pureté.

L'état de la surface de l'or réduit varie suivant la rapidité avec laquelle on conduit l'opération, eu égard à la force de la dissolution métallique. Si l'or se dépose très-lentement, il prendra l'aspect damasquiné de l'or mat. S'il se dépose plus rapidement, la surface commencera à redevenir brune; alors l'expérimentateur doit ralentir l'opération, car c'est à ce moment que le dépôt spongieux commence à se former, et c'est là l'écueil que le doreur doit éviter avec le plus grand soin.

196. Tous les objets en argent et en cuivre peuvent être facilement dorés de cette manière. Quelques personnes pensent, probablement avec raison, que les objets en cuivre exigent moins d'or que ceux d'argent; l'argent, quand on le chauffe, ayant la propriété d'absorber une certaine quantité d'or. Cependant, le cuivre est plus difficile à bien nettoyer que l'argent, surtout dans les anfractuosités profondes. Quand ces cas se présentent, il est mieux de plonger l'objet en cuivre dans la dissolution d'un métal qu'il puisse réduire spontanément; par exemple, de plonger dans de l'acide sulfurique étendu, contenant des traces de nitrate d'argent, de chlorure de platine, de palladium, ou d'or, l'objet, dont l'immersion n'a pas pour but de le revêtir d'une couche de métal, mais de nettoyer avec soin sa surface. Après cette immersion on peut laver l'objet, et il faut enlever, à l'aide de frictions faites avec une brosse rude, une aussi grande quantité que possible du métal réduit; il possédera alors une surface admirablement propre à recevoir le dépôt d'or.

Si on veut dorer plusieurs petits objets à la fois, on peut les suspendre dans la dissolution d'or vis-à-vis du pôle positif, et on doit avoir grand soin que chaque partie de *l'objet* soit exposée pendant le même laps de temps, vis-à-vis du pôle positif et à la même distance de ce dernier; car, la moindre variation sous ce rapport, aurait pour résultat de produire un dépôt d'or d'une épaisseur inégale. L'artisan peut être certain que, si un objet n'offre pas une couche d'or d'épaisseur égale sur tous ses points, la cause en doit être attribuée à l'une ou à l'autre de ces circonstances, ou à ce que une somme différente de l'influence exercée par la plaque positive s'irradiait vers les différentes parties de l'objet.

Une couche imparfaite d'or dénote un nettoyage insuffisant de l'objet avant son immersion. La dorure galvanique peut se pratiquer sur l'objet le plus petit, comme un fil de platine, aussi bien que sur des objets de la plus grande dimension, et il est certain qu'on pourrait dorer le dôme de Saint-Paul aussi facilement qu'un dé à coudre, si on pouvait le placer dans un appareil convenable.

Quel que soit l'objet destiné à être doré, il est de la plus haute importance qu'il soit plongé tout entier dans le liquide, sans cela les parties qui seraient en contact avec l'air et eau seraient susceptibles de se dissoudre.

L'application de la dorure à des objets en argent et en cuivre, a pris une grande extension, et aucune modification n'est nécessaire dans les procédés, si ce n'est dans les cas où l'objet lui-même peut servir à former une auge à décomposition; tels sont, par exemple, les vases d'argent, les cuillères à soupe, etc., qu'on peut remplir de la dissolution de cyanure d'or et de potassium, qu'on met en communication avec le zinc d'une batterie, à l'aide d'un fil métallique, après y avoir introduit une plaque d'or qu'on fait communiquer avec l'argent de la batterie, dans l'intérieur de la dissolution, en ayant soin d'empêcher que l'or et le vase ne soient en contact; mais même dans des cas semblables, il est mieux de plonger ces objets entièrement dans le liquide pour les raisons déjà indiquées. On ne dore les objets précédents que pour leur donner un plus bel aspect, mais cette dorure n'offre aucun but utile: cependant, dans quelques cas, il n'en est point ainsi, et si l'on revêt les métaux d'une couche d'or, c'est pour leur fournir une enveloppe de protection. C'est pour cette raison qu'on dore les ressorts capillaires des chronomètres, et que des brevets ont été accordés à l'inventeur de cette application de la dorure, circonstance à noter dans l'histoire de l'électro-métallurgie. La dorure du fer et de l'acier ne diffère de celle de l'argent et du cuivre que par la nécessité où on se trouve de veiller attentivement au nettoyage du fer, qui doit être décapé avec le plus grand soin. Il faut donc le plonger dans de l'acide sulfurique étendu, et l'y laisser quelque temps avant de le mettre dans la dissolution de cyanure d'or; et si l'on veut protéger le métal avec encore plus d'efficacité contre l'action des agents extérieurs, il faut appliquer à sa surface une couche d'or suffisamment épaisse. J'ai su depuis peu que l'application du calorique au cyanure d'or favorise l'adhésion des métaux.

Il y a quelques années, l'attention des graveurs sur acier et à l'eau-forte fut appelée sur l'utilité des plaques de cuivre doré, pour les besoins de leur profession, au lieu de plaques préparées à l'aide d'un vernis, comme on les emploie encore aujourd'hui. Mais la difficulté consistait à revêtir la plaque d'une couche d'or assez épaisse pour résister partout à l'action de l'acide nitrique, excepté dans les endroits où le graveur, en traçant les traits du dessin, doit pénétrer à l'aide de son burin à travers toute l'épaisseur de la couche d'or. Je

ne doute pas que la galvano-dorure ne puisse être employée pour cet objet, et même je me souviens d'avoir vu le fait mentionné dans un journal; mais j'ignore si ce procédé est suivi dans la pratique.

Les clichés, et les objets en plomb et en étain, sont difficiles à dorer de la même manière, parce que leur surface, quoique nettoyée avec soin, semble se couvrir d'une couche de cyanure insoluble, qui s'oppose à une adhérence suffisante des deux métaux. Il serait peut-être avantageux de couvrir la surface de ces objets d'une couche de cuivre excessivement mince, en les plongeant dans du vert-de-gris dissous dans du vinaigre.

Le galvano-doreur s'apercevra quelquefois que le sel qu'il emploie reste inactif, sans qu'il en puisse connaître la cause. Le sujet mérite d'être étudié; mais j'ose assurer, d'après des faits parvenus à ma connaissance, que ce phénomène est dû à l'absorption de l'oxygène qui provient de l'atmosphère, ou qui se dégage du pôle positif de l'auge. On doit éviter cet inconvénient à tout prix, en ne laissant la dissolution quand on ne s'en sert pas, que fort peu de temps en contact avec l'air, et en augmentant la grandeur du pôle positif en or, quand on veut faire passer un large courant, ce qui vaut mieux que d'augmenter la série de batteries. Les mêmes observations s'appliquent à tous les cyanures métalliques, car le ferro-cyanure de potasse jaune lui-même se métamorphose en partie en sesquiferrocyanure par une longue exposition à l'air, de sa dissolution.

Quand on dore un objet, on le colore ensuite pour lui donner une plus belle apparence. Si on veut tout simplement donner à l'or une couleur plus foncée, on emploie le procédé suivant, qu'on dit être avantageux : On prend 60 grammes d'alun, 60 grammes de salpêtre et 15 grammes de *sal enixum*, on mêle avec soin le tout ensemble et on met ce mélange dans un pot de terre avec 125 à 190 grammes d'eau qu'on place sur le feu. On ajoute alors 31 grammes de la substance nommée cire des doreurs (gilder's wax), qu'on fait fondre et mijoter tout doucement. Quand le mélange est presque froid, on y plonge l'objet à deux ou trois reprises différentes, puis on l'en retire. Plus on répète cette manœuvre, et plus la couleur de l'or devient foncée. On rince alors l'objet avec soin dans de l'eau fraîche, et on le frotte avec une brosse à ongles. Il paraît qu'on peut donner à l'or une couleur verte à l'aide de savon noir et d'alun. A l'aide de l'électricité seule, on peut varier d'un grand nombre de manières la couleur de l'or, en variant la quantité du courant d'après la force de

la dissolution métallique. En effet, j'ai observé de l'or de toutes les couleurs, obtenu du cyanure de ce métal, et même d'autres dissolutions.

Il arrive souvent qu'on n'a besoin que de bien laver l'objet dans de l'eau de savon, dès qu'on l'a retiré de l'auge à précipiter ; après ce lavage, aucune autre préparation n'est nécessaire. Ainsi préparé, il offre l'aspect particulier qu'on nomme or mat. Si l'expérimentateur veut que l'objet soit brillant dans une partie ou dans la totalité de son étendue, de telle sorte que les parties brillantes et mates puissent offrir à l'œil un contraste, alors voici ce qu'il convient de faire : On plonge l'objet dans une dissolution de savon noir, à laquelle on ajoute une petite quantité d'acide prussique, cette immersion a pour but de nettoyer l'objet avec soin ; on le frotte alors deux ou trois fois avec un brunissoir (*b*), fig. 35, ou un instrument d'acier poli, dont la forme s'adapte à l'objet qu'on veut brunir ; enfin, on termine l'opération à l'aide d'une pierre sanguine (*s*), même fig. 35, fixée sur un manche. Le brunissage est en général exécuté par des femmes, et il est vraiment singulier qu'elles aient trouvé l'usage de l'acide prussique pour le nettoyage de l'or, usage connu depuis bien des années, excepté des chimistes. Il est digne de remarque que la dissolution de savon noir et d'acide prussique est admirablement propre au nettoyage des articles de bijouterie lorsqu'ils sont salis.

197. Le procédé pour dorer à l'aide d'une solution d'or et de la précipitation galvanique, est bien différent, dans ses effets, de celui pour lequel M. Elkington a obtenu un brevet, et qu'on a nommé *dorure par la voie humide*. Par ce dernier procédé, le métal qu'on veut dorer est dissous dans une proportion égale à la quantité d'or déposée ; aussi, dès qu'une légère couche d'or est précipitée, aucun dépôt ultérieur ne peut plus avoir lieu (1) ; mais lorsque la dorure est obtenue par la pile galvanique, l'objet peut être recouvert d'une couche d'or d'une épaisseur indéfinie, circonstance fort importante, puisque de l'épaisseur de la couche métallique dépend la durée de la dorure.

Ce n'est point la dissolution de chlorure d'or qui est employée dans la dorure au trempé, mais une dissolution d'oxyde

(1) Cooper, dans une fort belle leçon faite à l'Institution royale, a prétendu que cette opinion est mal fondée et qu'une couche d'or de n'importe quelle épaisseur peut être obtenue par ce procédé. Son assertion prouve que ce procédé de dorure doit être plus ou moins imparfait, autrement le cuivre et l'argent seraient à l'abri de toute action ultérieure, par le seul fait qu'ils seraient revêtus d'une couche d'or.

de ce métal et de potasse. Cette dissolution peut encore être préparée en ajoutant de la potasse caustique ou du carbonate de potasse à la dissolution ordinaire d'or, en proportion suffisante pour que le précipité qui se forme d'abord soit dissous de nouveau et devienne ainsi propre à l'usage. Quand on veut dorer un objet, après l'avoir préalablement bien nettoyé, on le plonge dans cette dissolution chaude, et l'on obtient une légère couche d'or à peu de frais (1).

198. Il y a, outre ces procédés, d'autres moyens de dorer, usités dans les arts; telle est la dorure par le mercure. Ici, on frotte sur l'objet un amalgame d'or finement divisé; après quoi, on fait évaporer le mercure par l'action de la chaleur. Ce procédé est très-dangereux pour la santé des ouvriers, les émanations du mercure étant extrêmement toxiques. Il faut donc espérer qu'avant peu la dorure électro-chimique remplacera tout-à-fait cette manipulation dangereuse (2).

Quand on dore des vases de grande dimension, les ouvriers doivent avoir soin de ne pas respirer longtemps ces vapeurs. On a imaginé une foule de moyens pour s'opposer à leur inhalation. Les anciens auteurs ont tracé des tableaux effrayants des maux qu'engendre le mercure, et ce n'est pas sans raison; en effet, les médecins observent assez souvent la salivation, le tremblement des membres, les phénomènes nerveux et même la mort, causés par le mercure. Il est triste d'avouer que dès que l'ouvrier devient la proie des accidents causés par ce métal, son maître le renvoie et le dédaigne comme un serviteur inutile.

On ne pourra établir un parallèle entre la durée de la galvano-dorure et celle de la dorure par les autres moyens connus, qu'après un long espace de temps; pour ma part, j'ai remarqué que des cuillères et d'autres objets que j'ai dorés à l'aide du courant galvanique se conservent parfaitement bien. L'épaisseur de la couche de métal qu'on obtient peut être réglée à volonté depuis une extrême ténuité jusqu'à 2 millimètres d'épaisseur et plus.

La galvano-dorure ne paraît pas être généralement appli-

(1) 197. Le procédé de dorure par voie humide n'a jamais donné que des résultats très-imparfaits; la couche d'or obtenue ainsi est infiniment mince et peu adhérente. Ce procédé du reste n'a pas le moindre rapport avec la méthode de dorure galvanique inventée depuis par M. Elkington. *(Note du Traducteur.)*

(2) 198. L'espoir exprimé ici par M. Smee s'est tout-à-fait réalisé, grâce aux travaux de MM. de Ruolz et Elkington. Nous avons en notre possession des objets en acier dorés par leur procédé, et la beauté, l'adhérence et la solidité de cette dorure l'emportent de beaucoup sur tous les moyens de dorure connus.

cable aux substances non-conductrices, car je ne suis pas parvenu jusqu'à présent à les dorer quand leur surface présentait une certaine étendue; quoique cependant j'aie réussi à déposer une très-petite couche d'or sur de la cire à cacheter enduite de plombagine; peut-être obtiendrait-on plus de succès en faisant usage d'une très-forte dissolution d'or.

La galvano-dorure est en général une opération avantageuse; car la valeur des matériaux employés est peu considérable, et pour le même prix on pourrait revêtir un objet quelconque, à l'aide de l'électro-métallurgie, d'une couche d'or double de celle dont on le couvrirait par amalgame, à cause de la déperdition d'or et de mercure qui a toujours lieu quand on a recours à cette dernière opération.

199. Le platinage des métaux par le courant galvanique est un fait nouvellement acquis à la science. Ce procédé est semblable sous tous les rapports à la galvano-dorure, mais l'exécution en est plus difficile. La dissolution de chlorure de platine doit être très-faible, et la pile chargée d'un acide étendu. L'objet qu'on veut *platiner* doit présenter une surface très-unie, qu'on nettoie avec soin à l'aide de la potasse avant de commencer l'opération. Ces préparatifs étant faits, et la dissolution du platine prête, on doit y plonger peu profondément l'extrémité d'un fil très-délié de platine qu'on mettra en communication avec l'argent de la batterie. L'objet à *platiner* est alors mis en rapport avec le zinc de la pile et plongé ensuite dans la dissolution (fig. 23); dès que l'immersion a lieu, on voit de l'oxygène se dégager du fil de platine qui communique avec l'argent de la pile, et en peu d'instants l'objet sera revêtu de platine. Aucun gaz ne se dégagera du cuivre, ou de tout autre métal qu'on voudra platiner, pourvu que le courant électrique ne soit pas trop fort. Quelques minutes suffisent pour platiner. Pendant l'opération, il faut retirer l'objet de temps en temps et le frotter avec un peu de blanc d'Espagne.

Ce procédé ne doit pas être confondu avec celui par lequel les métaux négatifs sont *platinisés* pour l'usage de ma batterie, car, dans le premier cas, le platine est précipité avec sa couleur et son apparence naturelles; tandis que dans l'autre il se précipite sous forme de poudre noire. On nomme le premier procédé, *platinage brillant*, en opposition avec le deuxième qu'on pourrait appeler *platinage pulvérulent*. On emploie un fort courant pour précipiter le métal sous forme de poudre noire; quant au platinage brillant, on l'obtient en employant des dissolutions de toute force, mais le courant doit être assez modéré pour ne pas provoquer le dégagement de l'hydrogène.

J'ai essayé il n'y a pas longtemps (1) de former ma batterie avec du plomb platinisé, comme succédané de l'argent platinisé, mais je n'ai point complètement réussi. Avant d'arriver aux résultats que j'obtins, j'employai le plomb, et même tous les alliages, tels que la soudure, la potée d'étain, le métal des fondeurs de caractères, le métal fusible, etc., ainsi que d'autres métaux et d'autres alliages qu'on trouve ordinairement dans le commerce, mais je fus très-mécontent du résultat de mes essais; car plusieurs parties de la surface ne tardèrent pas à être souillées par la présence d'un dépôt de sulfate de plomb sans compter l'inconvénient qui résulta du peu de conductibilité du plomb lui-même. J'essayai de revêtir le plomb d'une couche d'argent, mais j'échouai, j'ai su que les deux métaux ne pouvaient pas être laminés ensemble. Cependant aujourd'hui qu'on peut argenter le plomb à l'aide du galvanisme, on pourrait peut-être recourir à ce moyen; ou bien on peut palladier le métal en le plongeant tout simplement dans une dissolution étendue de nitrate de palladium, puis le platiniser. En somme, le plomb platinisé doit être peu recherché, à moins qu'il ne soit argenté ou palladié, attendu qu'on peut former une batterie à bon marché avec du fer platinisé; si on veut avoir une batterie à large surface et de peu de durée, la plombagine, le charbon ou même le mâchefer platinisés, sont préférables au plomb platinisé. Pour résumer en peu de mots les résultats de ma propre expérience sur la construction de la batterie, je dirai : qu'il est préférable que le métal finement divisé soit du platine, du palladium ou de l'iridium, et surtout le premier qui est supérieur aux deux autres, et que le métal destiné à recevoir ce dépôt, doit être du platine, du palladium, de l'or, de l'argent, du carbone ou du fer, qui sont préférables à ceux qui suivent : l'étain, le plomb et leurs divers alliages, ainsi que ceux d'antimoine et de bismuth, tandis que le zinc, le cadmium, le cuivre, sont les pires de tous les métaux.

Les électro-métallurgistes accueilleraient comme un grand bienfait, un métal ou un alliage propre à recevoir les dépôts

(1) Le plomb platinisé ne possède peut-être pas plus de la moitié de la puissance effective de l'argent platinisé; mais c'est un fait difficile à établir, car c'est le (I A) de mon équation, qui n'est nullement égal au travail exécuté lorsque la batterie est en communication avec un voltamètre, parce que :

$$W' = \frac{I' - RA}{n}$$

métalliques sous forme de poudre fine, et qui ne subirait pas le moindre changement dans l'acide sulfurique étendu. Peut-être, à force de chercher, finira-t-on par découvrir quelque composé d'argent, de zinc et de nickel dont l'usage soit applicable dans ce cas.

Les échantillons que j'ai obtenus à l'aide de ma batterie ne résistent point à l'action de l'acide nitrique, parce qu'ils présentent presque tous quelques légères fissures, par lesquelles pénètre l'acide qui enlève le platine par petites écailles; le *platinage brillant* n'est pas applicable aux surfaces rugueuses, parce qu'il est nécessaire que la surface qui doit recevoir la couche de platine soit parfaitement polie, si on veut éviter un dépôt de poudre noire. La couleur du métal ainsi réduit ressemble tellement à de l'acier poli, qu'il est difficile de les distinguer; il est inutile d'ajouter que le platinage brillant, ainsi obtenu est magnifique, et qu'il serait d'une grande utilité pour revêtir les télescopes, les microscopes, les quarts de cercles et une infinité d'autres objets qui, par leur nature, peuvent être exposés à l'intempérie de l'air (1).

200. Pour palladier ou recouvrir les objets avec du palladium on doit suivre les mêmes procédés que pour les platiner. J'emploie l'hydrochlorate d'ammoniaque et de palladium dissous dans de l'ammoniaque liquide, et je me sers de l'appareil de batterie composée, muni d'un petit pôle positif de platine. On peut se servir également de palladio-cyanure de potassium et d'un pôle en palladium. Ce métal est plus blanc que le platine, mais pas aussi brillant que l'argent; on pourrait l'employer dans les mêmes cas et avec les mêmes avantages que le platine; et il offre en outre un double volume de métal pour un poids identique.

Le palladium adhère si fortement au cuivre, quand il est réduit par le courant voltaïque, qu'il est presque impossible de l'enlever quand il s'y est déposé. Ce serait un sujet digne des investigations des expérimentateurs, d'établir si on pourrait l'employer comme enveloppe de protection du fer et de l'acier.

201. Il n'existe point de nos jours d'opération plus facile à conduire que celle de l'argenture ou plaqué obtenu à l'aide

(1) 199. Parmi les usages auxquels peut servir la réduction du platine, nous signalerons en première ligne le doublage des appareils de toute nature, employés dans les fabriques de produits chimiques et qui étaient jusqu'alors d'un prix excessif. Malheureusement on n'est pas encore parvenu à donner au platine assez de cohésion et de ténacité; les cristaux du métal réduit présentent des interstices qui permettent aux agents chimiques de corroder la surface recouverte.

avec la plombagine. Dans un cas semblable, il faut avoir soin d'employer une plaque d'argent un peu plus grande que l'objet, ce qui favorise l'accroissement du métal ; mais, règle générale, il est préférable de revêtir l'objet, préalablement, d'une couche de cuivre et de l'argenter ensuite.

202. L'argenture non galvanique diffère de beaucoup de celle qui nous occupe. D'ordinaire, on se sert d'un alliage d'argent et de cuivre, du même titre à peu près que celui des pièces de monnaie, et on le soude sur une barre de cuivre. Cette barre est passée ensuite au laminoir pour l'amincir; par ce moyen, comme les deux métaux s'étendent d'une manière égale, l'argent forme à la surface du cuivre une couche excessivement mince. Alors, ce métal est martelé jusqu'à ce qu'il ait pris la forme qu'on veut lui donner, et on le soude ensuite à d'autres parties. Les manches et les bords sont faits avec de l'argent passé au laminoir, de manière à faire acquérir au métal 0m.0929 par 31 grammes. Cette lame de métal, ainsi obtenue, est ensuite repoussée à l'aide d'une matrice, puis on remplit les parties creuses avec de la soudure. Ces matrices d'acier, dans quelques manufactures, coûtent plusieurs milliers de louis. Quoique la couche d'argent des objets plaqués soit extrêmement mince, on s'étonne de sa durée, quand il s'agit d'objets bien fabriqués, comme le sont les articles provenant des manufactures de Sheffield. Ces bons résultats sont dus à la compression à laquelle le métal est soumis par le laminoir, et à la dureté qui en résulte. Sous ce rapport, ce procédé est supérieur à l'argenture galvanique; mais l'opération, une fois faite, ne saurait être renouvelée ; tandis que, pour le même objet, on peut recourir à l'argenture galvanique autant de fois qu'on le désire.

L'argenture galvanique est d'un avantage immense pour l'industrie, car on peut fabriquer des objets entièrement en cuivre, leur donner le dernier fini de la main-d'œuvre, puis les argenter ensuite. Il est probable, cependant, que les objets argentés par le galvanisme ne durent pas autant, eu égard à l'épaisseur de la couche d'argent, que ceux qui sont plaqués par la méthode ordinaire ; car, on a reconnu que les métaux réduits par l'électricité ne résistent pas autant à l'usure que ceux qui ont été laminés. L'argenture galvanique peut se faire à peu de frais, indépendamment de la valeur intrinsèque de l'argent employé; ce nouveau procédé est aujourd'hui très-répandu pour argenter les cuillères et beaucoup d'autres objets, même ceux que, jadis, je n'aurais pas soupçonnés pouvoir y être soumis; c'est là aujourd'hui une branche de fabrication très-importante.

203. Les métaux peuvent être recouverts de nickel, en procédant comme dans les cas précédents. La dissolution qu'on doit employer est le chlorure de nickel avec un pôle positif de ce métal. On doit préférer le procédé par la simple batterie; mais le nickel pur, quoique très-brillant, est susceptible de devenir fragile.

204. Un grand nombre de substances métalliques ou non métalliques peuvent être cuivrées à l'aide du galvanisme. Les différentes dissolutions et l'appareil qu'on doit employer ont été amplement décrits, quand j'ai traité de chacun des appareils électro-métallurgiques et de la réduction du cuivre. Règle générale, l'appareil de simple batterie doit être préféré, et on doit préférer également une dissolution acidulée de sulfate de cuivre, pour obtenir la réduction de ce métal. Cette dissolution est très-propre à fournir un dépôt métallique uni; mais elle doit contenir une plus grande quantité de sel métallique, quand on veut obtenir un dépôt cristallin. Elle est surtout d'un emploi avantageux, particulièrement quand on veut recouvrir les corps non métalliques d'une couche de cuivre pur. Aucune difficulté ne saurait accompagner le cuivrage de presque tous les métaux, et c'est là une opération fréquemment employée dans les arts.

205. Les objets formés de substances non conductrices, qu'on veut cuivrer, peuvent être rangés en deux catégories : dans la première se trouvent ceux sur lesquels le métal déposé doit offrir une copie fidèle de l'original ; la deuxième catégorie comprend les cas où l'on veut obtenir le dépôt sous la forme cristalline.

La préparation doit être différente dans chacune de ces circonstances ; dans le premier cas, la batterie et la dissolution doivent être disposées de telle sorte, que l'hydrogène soit seulement sur le point de se dégager ; dans le second cas, la dissolution peut être beaucoup plus forte, et l'on peut augmenter la quantité d'électricité, en augmentant le volume de la pile et l'étendue de la surface du pôle positif de cuivre, dans l'appareil où la décomposition doit s'opérer.

206. Dans la première catégorie, se trouvent rangés les objets délicats, comme les médailles, etc. Les substances dont on se sert pour obtenir une empreinte doivent être rendues non absorbantes, par les procédés déjà indiqués. Dans ce but, on fait bouillir la médaille dans de la cire, de la stéarine, du blanc de baleine ou du suif, pendant assez longtemps, pour qu'elle devienne semi-transparente ; puis on la frotte avec de la plombagine, ensuite on fixe sur son pourtour un fil de cuivre très-délié, afin qu'il y ait un contact

parfait entre la pile et la mine de plomb. Puis on met cet objet dans une dissolution de sulfate de cuivre acidulée, après avoir fait communiquer l'extrémité du fil avec le zinc de la pile. Cela fait, il ne reste plus qu'à mettre un fragment de cuivre dans la dissolution ; ce fragment doit être un peu plus grand que le moule, et doit communiquer avec l'argent d'une batterie à l'aide d'un fil métallique. L'action chimique commencera immédiatement, le cuivre se dissoudra et se déposera sur la mine de plomb qui enduit le modèle, de manière à le recouvrir entièrement. Il est peut-être aussi avantageux d'employer un grand pôle positif en cuivre et une petite batterie, de telle sorte que la décomposition ait lieu très-lentement, ce qui donne à la médaille une belle teinte mate. Dans quelques cas, j'emploie deux batteries disposées en série, pour atteindre ce but; le dépôt de cuivre en sera plus uniforme et se formera plus promptement. On ne doit pas laisser la médaille longtemps dans la dissolution, quand elle a reçu la couche métallique, car cette circonstance nuirait à son exactitude et à sa beauté. Après avoir retiré la médaille de la dissolution, on la frottera avec du papier rude pour enlever les moindres aspérités qui pourraient s'y trouver. Ce procédé pourra paraître barbare aux numismates qui le considéreront comme propre à altérer la beauté des médailles; mais il n'est, cependant, pas si nuisible qu'on pourrait le croire, parce que, la couche de cuivre étant répandue avec une épaisseur à près uniforme sur toute sa surface, l'effet qui en résulte est simplement d'augmenter le volume de l'objet. Ce procédé pourrait être utile aux sculpteurs et aux architectes, qui l'appliqueraient avec succès aux statues et autres ornements. Dans tous les cas dont nous venons de parler, il est bon de revêtir d'une couche de métal la surface entière de l'objet.

On revêt souvent les statuettes en plâtre ou en cire d'une couche de cuivre, et ces objets d'art ainsi préparés sont aussi beaux que le bronze. Dans les cas de ce genre, tout le succès de l'opération dépend de ce qu'on fait bouillir le modèle assez longtemps pour lui faire perdre la faculté d'absorber de l'eau; autrement, une partie de la dissolution métallique pénétrerait dans les vacuoles du plâtre, et, avec le temps, se cristalliserait, et repousserait au-dehors la couche de cuivre. Un grand nombre de charmantes médailles que j'ai cuivrées, jadis, à l'aide du galvanisme, sont aujourd'hui complètement endommagées, faute d'avoir pris la précaution indiquée ci-dessus.

Aujourd'hui, nous avons la ressource de la gutta-percha,

dont on fait des encriers, etc., qui sont débités dans le commerce; cette substance seule ouvre un vaste champ à la diffusion de l'art dans les manufactures ordinaires; et le temps viendra où le fabricant n'aura de chance de succès que quand il joindra, au goût du beau, la science du chimiste.

Les chimistes protègent quelquefois leurs cornues et leurs récipients en verre à l'aide d'une enveloppe de cuivre. Dans ce but, on vernit le verre et on le revêt d'une feuille d'or ou de mine de plomb. On unit alors le récipient à l'élément zinc d'une pile, à l'aide d'un fil métallique, et on environne le récipient destiné à être cuivré d'un grand pôle positif. Ce pôle positif est uni avec l'argent platinisé, et, après un certain laps de temps, il se forme un dépôt de cuivre suffisant.

207. Une belle application de l'art de cuivrer, est celle qui peut être faite par les horticulteurs, aux fruits, aux légumes, aux feuilles, aux graines et à d'autres produits, soit pour en faire des objets d'ornement, tout en conservant exactement le volume, la forme et d'autres particularités de l'objet. Les pommes et les poires peuvent être ainsi préparées en peu de temps; dans ce but, on les frotte avec de la mine de plomb, on enfonce vers leur queue une petite épingle; ensuite on unit cette épingle à un fil qu'on fait communiquer avec le zinc de la pile; on place alors le fruit dans la dissolution. Toutes ces dispositions sont complétées à l'aide d'un morceau de cuivre qu'on plonge dans le liquide, et qu'on met en rapport avec l'argent de la pile. Les concombres, les calebasses, les pommes de terre, les graines, les racines, etc., peuvent être cuivrées de la même manière. La figure 36 représente une grappe de raisin de Portugal plongée dans la dissolution, et destinée à être recouverte d'une couche de cuivre. La forme, après l'opération, caractérise si bien chaque variété de fruit, que l'horticulteur n'est point embarrassé pour distinguer le caractère propre à chaque fruit, à chaque plante, etc. L'état du dépôt métallique peut être varié en suivant les règles indiquées dans le dernier chapitre. Pour les objets d'ornement, le cuivre cristallisé est celui qu'on doit préférer, comme étant le plus beau; mais quand il s'agit de reproduire avec fidélité la forme de l'objet, on doit donner la préférence au dépôt du cuivre malléable. Quand les objets sont recouverts d'une couche métallique d'une épaisseur suffisante, on retire l'épingle, qui laisse un petit trou à la place qu'elle occupait, ce trou permet au jus du fruit de s'évaporer, et il peut arriver ainsi à une dessiccation complète. Un concombre que j'ai cuivré l'été dernier, paraît n'être

composé que de son enveloppe métallique, et les poires, les pommes, etc., paraissent être également dans ce cas. Les botanistes reconnaîtront facilement dans quelles circonstances l'électro-métallurgie peut être utilisée par eux.

Le magnifique aspect qu'offrent les feuilles, les branches, etc., préparées de cette manière a quelque chose de surprenant. Je possède une caisse pleine de terre noire, où se trouve rangés un certain nombre de végétaux, qu'on ne croirait point avoir été produits par l'art. Dans la même pièce se trouve une couple de ces caisses, dans lesquelles Ward nous a enseigné l'art de faire croître, dans notre métropole enfumée, quelques-unes des plantes les plus intéressantes. Ces caisses contiennent des *adiantums* merveilleux, des *lycopodiums* verdoyants, des orchidées magnifiques, des cactus et des lygodiums rampants, qui se développent dans tout le luxe de leur riche végétation. Cependant les feuilles cuivrées à l'aide du galvanisme sont encore admirablement belles quand on les met en regard des productions de ce paradis en miniature; et si j'ajoute que les poils nombreux qui couvrent les feuilles du mélostoma, et même ceux qui se trouvent sur le salvia, sont parfaitement enduits d'une couche métallique, le botaniste avouera que ces échantillons offrent plutôt l'exacte traduction de la nature que les imperfections de l'art.

208. Une fort jolie préparation consiste à revêtir un panier d'une couche de métal réduit : à cet effet, le panier sera frotté avec de la mine de plomb, et mis en communication avec le zinc de la pile, à l'aide d'un fil métallique; ensuite on le plongera dans la dissolution et l'on complètera le circuit; le panier se couvrira immédiatement de magnifiques cristaux, qui brilleront du plus vif éclat. On obtient les mêmes résultats en fixant des fils de cuivre très-déliés sur plusieurs points du panier, afin que ces fils soient en contact en plusieurs endroits avec la mine de plomb, ce qui permettra de terminer plus rapidement l'opération. Toute autre substance propre à présenter une surface conductrice peut être substituée à la plombagine. Quand on se livre à ces préparations, il faut employer un anode de cuivre d'une grande dimension, et une série de deux ou trois batteries. Quant à la dissolution de sulfate de cuivre, elle sera très-concentrée car toutes ces précautions favoriseront la cristallisation du cuivre. Des paniers ainsi préparés et remplis de fruits, de feuilles et d'insectes, pourraient servir à orner les salons, et offriraient bien plus d'intérêt, que les ornements ordinaires qu'on y remarque; car si ces objets étaient préparés par

leur possesseur, ils montreraient tout l'intérêt qu'il porte à la science galvanique, et s'ils étaient achetés, ce serait un moyen d'encourager l'application de ce puissant agent aux arts et à l'industrie. Cet art, qui n'est aujourd'hui qu'à l'état d'embryon, produira, sans aucun doute, des fruits qui amèneront une révolution dans l'industrie.

Que l'attention des riches se fixe sur ce sujet; qu'ils prennent sous leur patronage les ornements de ce genre : alors les artisans ne tarderont point à y acquérir de l'habileté, et l'emploi du galvanisme deviendra universel, comme celui de la vapeur et du gaz. J'insiste particulièrement sur ce point, parce que plusieurs de mes préparations ont été admirées, et n'auraient pu être obtenues par aucun des moyens connus jusqu'ici.

En effet, il n'existe aucune substance organique ou inorganique, pouvant séjourner quelques heures dans une dissolution d'un sel de cuivre, qui ne puisse être revêtue d'une couche de métal.

Les objets dont il vient d'être question ne sont rien en comparaison des applications qu'on a essayé de faire du cuivrage galvanique; car on fait en ce moment des recherches sur les moyens de doubler la quille des navires avec une couche de cuivre, à l'aide du galvanisme. Deux ou trois expérimentateurs réclament la priorité de cette idée. L'un d'eux est M. Hays, chimiste de Portmousth, où des expériences ont été faites dans ce but. M. Hays commence par enduire la quille d'une couche de goudron; il la frotte ensuite soigneusement avec de la mine de plomb, puis il fait communiquer cette dernière couche avec le zinc d'une vaste batterie, à l'aide de fils conducteurs; le navire est ensuite lesté de manière à ce qu'il plonge dans une dissolution de sulfate de cuivre jusqu'à la ligne de flottaison, où on veut que le doublage s'arrête. La dissolution de sel métallique est mise dans un réservoir approprié, et un vaste pôle positif, composé de feuilles de cuivre, est fixé à l'élément argent de la pile. Ici, le pôle négatif se trouvant au-dessus du positif, une diffusion convenable du sel métallique nouvellement formé ne peut avoir lieu aussi vite qu'on le voudrait, et il serait trop difficile de tourner le navire sens dessus dessous, de manière à ce que le pôle positif fût placé sur le fond de la quille, surtout s'il s'agissait d'un vaisseau de premier rang. Dans toutes les grandes entreprises commerciales, les frais deviennent l'objet d'une grande considération, et je crains que, dans ce cas, la dépense qu'entraîne la réduction du cuivre, si on l'ajoute au travail que nécessite l'opération,

ne soit pas une compensation suffisante pour la durée plus longue du doublage galvanique, comparé au doublage ordinaire.

209. Les objets en poterie (ou leurs analogues) peuvent être cuivrés de la même manière ; mais leur surface étant unie, cette circonstance fait naître des difficultés qu'on peut surmonter par l'application préalable d'une très-légère couche de vernis. C'est à l'aide de ce moyen qu'on peut construire des piles de cuivre, en cuivrant intérieurement un vase de terre ou une cellule en gutta-percha.

Les objets cuivrés par le galvanisme peuvent être dorés, argentés ou recouverts d'une couche de tout autre métal. Cependant les objets revêtus d'un dépôt de cuivre cristallisé offrent à l'œil un aspect plus élégant ; pourtant ceux dont la surface est unie, tels que les feuilles et les fruits, sont fort beaux quand ils sont dorés. Quand on revêt d'une couche d'argent les articles préalablement cuivrés par le galvanisme, ils ne sont point aussi beaux que ceux qui ont été préparés comme nous venons de le dire, ce qui dépend de la blancheur mate de la couche d'argent (1).

210. Les métaux peuvent être revêtus d'une couche de tout autre métal outre ceux que j'ai décrits si longuement. Quelques-uns de ces métaux sont plus difficiles à manipuler que d'autres, et il en est à l'aide desquels on ne peut obtenir qu'une couche irrégulière. Cependant, en se conformant aux règles développées dans un des livres précédents, on peut précipiter un métal sous la forme malléable, avec plus ou moins de succès.

L'étamage galvanique, ou l'art de revêtir un corps quelconque d'une couche d'étain, est une opération peu avantageuse, si on la considère sous le quadruple rapport de la difficulté qui l'accompagne, de son peu d'efficacité, de son inutilité et des frais qu'elle entraîne. Il serait extrêmement difficile d'obtenir une couche épaisse d'étain directement par la voie galvanique ; et quoiqu'une couche épaisse de ce métal puisse être promptement obtenue, en faisant naître un dépôt d'étain cristallisé ou spongieux, puis en le faisant fondre, je ne vois pas quel avantage on pourrait tirer d'une telle opération. Le sulfate d'étain est peut-être la meilleure dissolution qu'on puisse employer dans ce but, quand on en joint l'emploi à celui d'une simple batterie.

Le plombage galvanique est une opération aussi peu avan-

(1) Cette difficulté peut être surmontée en ajoutant à la solution d'argent quelques gouttes de bisulfure de carbone. (Voyez numéro 201.)

tageuse que l'étamage. Le pernitrate de plomb est peut-être le sel le plus propre à entrer dans la dissolution qu'on destine à cette opération.

Le zincage galvanique est assez facile, et on peut réduire promptement le métal de son sulfate en le rendant aussi neutre que possible. Il faut, dans ce cas, employer l'appareil de simple batterie avec un pôle positif en zinc. On peut se servir de n'importe quel métal pour recevoir le dépôt, en ayant soin de le bien décaper à cet effet; en outre, plus il sera uni, et plus le résultat sera avantageux.

On peut ferrer les métaux, c'est-à-dire les revêtir d'une couche de fer très-belle, en se servant du protosulfate ou du chlorure neutre de ce métal. L'appareil de simple batterie avec un pôle positif de fer, est celui qu'on doit employer dans ce but.

211. Les faits contenus dans ce livre sont entièrement neufs, et leur application est extrêmement intéressante; car ceux qui se livrent à l'électro-métallurgie, comme moyen de récréation, trouveront dans la dorure, l'argenture et le cuivrage une occupation non-seulement amusante, mais encore utile. Ces trois opérations deviendront d'une haute importance pour les arts, et ajouteront de nouvelles branches à l'application utile de l'électricité. Ceux qui en veulent faire leur profession, reconnaîtront que la pratique seule peut les rendre habiles; et de même que l'homme de science indique les règles à suivre, de même l'artisan doit s'y astreindre, mais s'en rapporter, pour les détails, à sa propre expérience.

LIVRE IV.

DES DIVERSES APPLICATIONS DE LA RÉDUCTION DES MÉTAUX PAR LE GALVANISME.

CHAPITRE PREMIER.

De la reproduction des monnaies et des médailles.

Importance de l'électro-métallurgie pour la numismatique, 212. — Moyen d'obtenir les moules, 213. — Directement par le courant voltaïque, 214 ; — Par l'intermédiaire du plomb, des alliages fusibles, etc., 215 ; — A l'aide des substances non conductrices, 216. — Reproductions métalliques en or, 217 ; — En argent, 218 ; — En platine, 219 ; — En cuivre, 220. — Précaution pour éviter les bulles d'air, 221. — Appareils à employer, 222. — Appareil à une seule cellule, 223. — Epaisseur du métal, 224. — Séparation de l'empreinte d'avec le moule, 225. — Médailles en zinc, médailles en fer, 226. — Importance de l'électro-métallurgie pour l'amateur de médailles, 227. — Manière de faire des médailles parfaites, 228.

212. La réduction des métaux par la voie galvanique est de la plus haute importance pour le numismate, car, d'une part, elle lui fournit les moyens d'obtenir des empreintes de monnaies ou de médailles qu'il ne pourrait se procurer par aucun autre moyen, à cause de leur rareté ; et, d'un autre côté, elle pourrait offrir aux contrefacteurs les moyens de fabriquer les monnaies les plus rares ; en sorte que les faiseurs de collections doivent se tenir sur leurs gardes lorsqu'ils les achètent. Cependant, je crains fort que l'électro-métallurgie, dans des mains inhabiles, n'ait causé et ne cause encore la destruction irréparable de beaucoup de médailles précieuses, destruction que ne saurait compenser les bienfaits qu'elle nous a procurés.

213. Il y a trois méthodes pour prendre la copie d'une monnaie ou d'une médaille.

A l'aide de la première, on obtient directement une empreinte en métal sur la médaille elle-même, par la précipitation exercée sous l'influence galvanique, par la seconde, une empreinte de la médaille est d'abord obtenue avec du métal fusible, ou avec celui qui sert à la fabrication des caractères d'imprimerie; et enfin, par la troisième, l'empreinte est produite à l'aide d'une substance non conductrice, telle que la cire vierge, la cire à cacheter, le plâtre, etc.

214. Une main inexpérimentée ne doit jamais tenter d'obtenir la première empreinte sur la médaille originale, et on ne doit jamais l'essayer quand on ne possède qu'un seul échantillon, de crainte d'insuccès. Cependant le procédé est simple et d'une grande importance, quand on veut obtenir une copie parfaite d'une monnaie ou d'une médaille. L'objet à copier doit être revêtu, sur le côté où l'on ne veut pas qu'aucun dépôt ait lieu, d'une certaine quantité de graisse, de cire, ou de toute autre substance non conductrice. Un fil métallique très-fin doit être fixé autour du bord de cet objet, qui alors peut être placé dans la dissolution métallique. L'adhérence d'une couche d'air au métal est d'une grande importance dans ce cas, et ce dernier ne doit pas rester un seul instant dans la dissolution, avant que le circuit ne soit complété (1).

Les deux faces de la médaille peuvent être copiées par deux opérations successives, et même par une seule, en ayant soin d'enduire la tranche avec un corps non conducteur, afin qu'elle ne soit pas enchassée dans le dépôt qui se forme. Cette opération donne alors l'empreinte en creux de chacune des faces de la médaille ou de la pièce de monnaie. Par ce procédé, la teinte bronzée d'une médaille en cuivre peut être altérée, il est donc nécessaire de faire disparaître cette teinte bronzée, avant de plonger la médaille dans la dissolution, en la frottant avec de l'essence de térébenthine; mais une médaille d'or ou d'argent, dans cette circonstance, n'éprouvera aucune altération. Le moule métallique, obtenu, peut être employé pour produire des empreintes en plâtre, ou en cire à cacheter, et même pour recevoir de nouveau le précipité métallique qu'on obtient à l'aide du fluide galvanique. On peut ainsi produire une copie parfaite, en relief, de l'original.

(1) 214. Il ne faut pas perdre de vue ce qui a été dit numéros 126 à 130, sur l'adhérence de la copie à l'original et sur les moyens de l'empêcher.

215. Les empreintes en creux de médailles ou de monnaies, en plomb, en *pewter* (1), en métal fusible, en feuilles d'étain ou d'argent, peuvent être obtenues de la manière indiquée précédemment, nos 35 et suivants. Ces empreintes en creux doivent être soudées, ou simplement mises en contact avec un fil métallique; elles sont prêtes à recevoir le dépôt métallique. *Voyez* aussi note 135.

216. Cependant, la troisième méthode est celle qu'on doit préférer; car, à l'aide des substances non conductrices, on peut obtenir des moules excellents pour recevoir le précipité. L'amateur doit donner la préférence à la cire à cacheter, quand il s'agit d'avoir des empreintes de monnaies, de médailles ou de camées (136). Ces empreintes doivent être recouvertes d'une couche de mine de plomb, et on doit placer un fil métallique fin dans la cire; on peut alors les copier (144).

Aujourd'hui, on trouve une ressource immense dans l'emploi de la gutta-percha, qui remplit admirablement le but qu'on se propose.

On peut prendre l'empreinte des grandes médailles avec un mélange de cire et de colophane, ou avec du plâtre de Paris. Ce dernier doit être rendu non absorbant par l'un des procédés décrits dans un chapitre précédent (nos 141, 142). Le suif ou le blanc de baleine doivent être préférés, parce qu'on les a sous la main. On doit les couvrir de mine de plomb, et alors on les place dans la dissolution. Par l'une ou l'autre méthode, on peut obtenir des médailles parfaites. Le fabricant qui désire obtenir un grand nombre d'empreintes métalliques de monnaies, devra se servir d'un morceau de plâtre carré, ayant, par exemple, 20 centimètres de côté, et il y fixera des empreintes de médailles aussi nombreuses que le comporte la surface du plâtre. On pourrait obtenir facilement ce résultat, en joignant ensemble des moules en plâtre isolés, jusqu'à ce que, par leur réunion, ils offrissent l'étendue voulue. Cet ensemble doit être rendu imperméable à l'aide des procédés indiqués précédemment, puis frotté de mine de plomb; c'est alors qu'on y fera déposer le précipité métallique. On obtiendra ainsi une série de monnaies sur une même surface. On peut les conserver dans cet état ou les séparer les unes des autres. Le cuivre précipité sur le plâtre ou sur la gutta-percha, est fort beau, et d'une aussi grande perfection que l'original.

(1) Le pewter est un alliage de plomb et d'étain dans la même proportion que la soudure employée par les ferblantiers. Voyez numéro 125. Voyez aussi, à l'Appendice les moyens d'obtenir des moules en alliage fusible, d'après Boettger et Walker.

217. L'opérateur, quand il a fixé son choix sur un de ces procédés, doit ensuite décider quelle espèce de métal il doit employer pour obtenir une empreinte. La meilleure dissolution dont on puisse se servir pour obtenir une belle médaille d'or, est une dissolution de cyanure de ce métal, parce qu'il permet de recourir à un grand nombre de métaux pour en former le pôle positif de la batterie. Le *modus operandi* est analogue, sous tous les rapports, à celui de la dorure. La seule différence consiste en ce que le dépôt doit offrir beaucoup plus d'épaisseur. J'ignore si les substances non conductrices pourraient être employées de cette manière.

Une excellente méthode consisterait à ne précipiter d'abord qu'une couche de dépôt d'or médiocrement épaisse, puis à achever l'opération en faisant déposer sur cette couche d'or une couche de cuivre. La connaissance de ce fait pourrait être exploitée par les faux-monnayeurs. Je l'indique ici pour qu'on se tienne sur ses gardes.

218. Les médailles argentées par la voie galvanique exigent une description plus détaillée que celles en or, parce que l'argent est d'un prix moins élevé, et que l'opération est facile à diriger. Ces médailles peuvent être obtenues par l'emploi de toute espèce de moule métallique ou non métallique (même en fer), en usage dans l'électro-métallurgie en général.

Quand il s'agit de moules métalliques, il se présente peu de difficultés, si ce n'est qu'on doit s'opposer avec soin à l'adhérence de la copie avec l'original. Cette adhérence n'est pas à redouter entre le dépôt et le fer, l'acier ou le plomb; mais on doit craindre qu'elle n'ait lieu entre ce même dépôt et le cuivre, l'argent et quelques autres métaux, ce qui dépend de la nature corrosive de la dissolution d'argent. Peut-être pourrait-on retirer quelque avantage de l'application sur le moule d'une quantité infiniment petite d'un corps gras qu'on y frotterait à plusieurs reprises. La meilleure dissolution d'argent qu'on puisse employer, serait une dissolution concentrée de cyanure d'argent. J'ai cependant obtenu des médailles en faisant usage de plusieurs autres dissolutions. Le procédé, par la simple batterie, doit être préféré, en ayant soin de se servir d'un pôle positif d'argent offrant un volume double de celui de l'objet qu'on veut copier.

Les moules en substances non conductrices sont également propres à la fabrication des médailles argentées par le galvanisme. Il suffit de frotter l'objet avec de la mine de plomb, et de le faire communiquer, à l'aide d'un fil métallique, avec une batterie du même volume à peu près; dès lors, l'argent se déposera sur l'objet, le recouvrira et acquerrera l'épaisseur voulue par l'opérateur.

Le métal ainsi déposé est pur, résistant, élastique; d'où il résulte qu'une couche très-mince de ce dépôt sera tout-à-fait suffisante. Si on veut obtenir une médaille un peu épaisse, il faut, si l'on veut économiser l'argent, appliquer sur le revers de cette médaille une couche de cuivre. La seule chose à laquelle il faut veiller, c'est d'obtenir une adhérence convenable entre les deux métaux, en nettoyant la surface de l'argent avant de le plonger dans la dissolution.

On obtient aussi facilement les médailles en argent que celles en cuivre; la seule difficulté consiste à se procurer de l'argent pur. Car aucun électro-métallurgiste ne se soucierait de payer ce métal à raison de six shillings (7 fr. 20 cent.) les 31 grammes pour faire des médailles, sans compter le prix du moule et du courant galvanique provenant de la pile : cette dernière dépense, il est vrai, n'irait guère qu'à 10 centimes par 31 grammes.

La surface de l'argent est entièrement brillante quand on le retire du moule bien poli, mais quand la copie a été prise sur un original non métallique, elle est quelquefois colorée par la mine de plomb; dans un cas semblable, il faut en frotter la surface avec de l'émeri ou du charbon finement pulvérisé et une brosse rude, et terminer ce nettoyage en se servant de rouge et d'une brosse douce.

219. Les médailles ou les monnaies peuvent être entièrement faites en platine ou palladium; on peut aussi revêtir les moules de ces médailles d'une couche de l'un de ces métaux, tandis que leur intérieur se trouve formé de cuivre. Le moule qui sert pour ces métaux peut être fait en or, en platine, en palladium ou en argent. Les dissolutions peuvent présenter n'importe quelle force, quoiqu'il soit plus avantageux de les employer à l'état de saturation. (*Voir* les remarques générales sur le platine, le palladium, etc., 169-171.)

220. Le cuivre est un métal d'une haute importance pour le numismate, car il peut être appliqué en couches épaisses sur les substances métalliques et non métalliques. Le sel qu'on peut employer dans les cas ordinaires est le sulfate de cette base; quand on s'en sert pour revêtir des monnaies ou des médailles, la dissolution doit être plus concentrée que quand le métal réduit est employé pour l'électrotypie; en général, il suffit d'une dissolution saturée de sulfate de cuivre (1) mêlée avec un tiers de son volume d'acide sulfurique très-étendu.

(1) On sait que l'eau froide dissout un quart de son poids de sulfate de cuivre, tandis que l'eau bouillante en dissout moitié. Toutes les fois qu'on désirera une solution

221. Dans la fabrication des médailles, on doit avoir soin d'empêcher l'adhérence des bulles d'air au moule, et sa pénétration dans la dissolution, au moment où on y plonge le moule. Cet accident arrive quand ce dernier présente des creux profonds, car on voit, dans ce cas, des bulles d'air fixées sur les cheveux, la barbe et à la racine du nez; cet accident suffit pour gâter la copie. Pour empêcher qu'il n'ait lieu, on doit examiner la médaille après qu'elle est restée quelque temps dans la dissolution, et en faire disparaître toutes ces bulles. Si on ne prenait pas cette précaution, les bulles se trouveraient revêtues d'une couche de cuivre, ce qui produirait de petites cavités (nº 129).

222. Le procédé par la batterie est, sans contredit, préférable pour la fabrication des médailles; mais la forme de l'auge à précipiter doit varier suivant le volume et la forme des médailles à copier. Pour les grandes médailles, celles, par exemple, de 15 centimètres de diamètre, un vase en poterie, ou mieux en verre, doit être préféré. La médaille doit être soudée à un fil métallique, et mise à plat au fond du vase; on doit faire communiquer le fil avec le zinc de la batterie, et placer ensuite au-dessus de la médaille un fragment de cuivre d'un diamètre un peu plus grand que le sien. La forme particulière du vase doit être telle que le cuivre ne puisse pas descendre et se mettre en contact avec la médaille, accident qu'il faut éviter avec soin. Ce morceau de cuivre doit communiquer avec l'argent de la batterie. On doit verser ensuite la dissolution dans le vase, alors l'action commencera immédiatement. Le cuivre de la dissolution se déposera sur la médaille, et le pôle positif de cuivre sera dissous pour maintenir la saturation du liquide. Il est toujours nécessaire d'employer une batterie suffisamment grande; la précipitation s'effectue mieux quand la batterie offre une surface double ou triple de celle du métal négatif; mais, en suivant les règles précédemment établies, on peut employer une batterie de n'importe quelle grandeur.

Pour les petites médailles, je donne la préférence au procédé par la batterie. Dans ce cas, on peut employer l'auge à précipiter verticale (B, fig. 24); on place un morceau de cuivre, qui communique avec l'argent de la batterie, dans le milieu de l'auge; et de chaque côté on dispose autant de médailles qu'on peut en mettre en face de ce morceau de cuivre, et on les fait communiquer toutes avec le zinc de la

cuivreuse bien saturée, on devra la faire à chaud et la maintenir à une température élevée pendant la durée de l'opération.

pile. L'avantage de ce mode opératoire sur tous les autres, est la facilité qu'a l'opérateur pour enlever ou ajouter une ou plusieurs médailles sans déranger les autres. De cette manière, on peut en fabriquer en même temps huit, dix, douze, et même un nombre plus considérable.

223. Quoiqu'on doive généralement préférer le procédé par la batterie, cependant il ne s'ensuit pas que ce soit le seul qu'on puisse employer, car les pièces de monnaie et les médailles peuvent être obtenues par l'un des procédés que j'ai décrits (chap. 1er, liv. 2) ; l'appareil à simple cellule en zinc, enfer, en étain ou en plomb, remplira parfaitement le but, et si l'objet n'est pas très-grand, il sera indifférent à l'opérateur d'employer l'un ou l'autre de ces procédés. La seule règle générale à adopter est d'avoir soin de se servir d'une dissolution concentrée de sulfate de cuivre, d'une plaque de zinc suffisamment grande, et de faire en sorte que la distance du zinc au moule ne soit pas trop grande. Un peu d'acide ajouté au sulfate de cuivre améliorera la qualité du métal réduit. (107 et 113.)

224. On peut obtenir une empreinte parfaite d'un moule par l'un ou l'autre de ces procédés; cependant si les creux de l'original sont profonds, le dépôt ne s'effectuera pas toujours bien sur les parties les plus creuses; dans ce cas, lorsque la médaille est presque achevée, on peut la retirer de la dissolution, l'essuyer, la faire sécher et en revêtir les parties où le dépôt est le plus épais, avec une couche d'une substance non conductrice. On doit remettre alors la médaille dans la dissolution, et les parties où le dépôt était plus mince ne tarderont pas à se combler.

Dans la fabrication des médailles, il n'est pas nécessaire d'obtenir une grande épaisseur de cuivre, il suffit que le métal obtenu soit de bonne qualité, et que son épaisseur soit celle d'un pain à cacheter (1). Dans la plupart des cas il n'est

(1) Il sera prudent de donner aux médailles une épaisseur plus grande que celle indiquée par M. Smee ; sans cette précaution, elles sont sujettes à se voiler et à se déformer, surtout lorsqu'on les chauffe pour les bronzer. Cinquante à soixante heures d'immersion donneront une épaisseur convenable.

C'est ici le lieu d'indiquer un petit artifice fort simple pour imiter les médailles au point de tromper l'œil du connaisseur le plus exercé. On fera avec du cuivre rouge une virole du diamètre de la médaille qu'on veut imiter, et de la hauteur de cette médaille posée à plat. Sur cette virole, tournée et polie avec soin, on soudera très-promptement à l'étain, ou de toute autre manière, les deux côtés de la médaille imitée par le procédé galvanique. Si cette opération est exécutée adroitement, on obtiendra ainsi une copie, tout-à-fait identique de la médaille originale; son apparence sera exactement la même,

pas nécessaire de chercher à obtenir une épaisseur plus considérable; cependant, quand on veut que cette couche présente plus d'épaisseur, on peut en recouvrir le revers avec une certaine quantité de cire à cacheter. Tous ces détails doivent être dirigés d'après la fantaisie de l'opérateur; mais je pense que le dépôt qu'on obtient dans l'espace de vingt-quatre heures est suffisant.

225. Lorsque la médaille est terminée, il ne reste plus qu'à séparer la copie de l'original, ce qui n'est pas difficile. On doit avoir soin d'enlever le cuivre qui entoure le moule vers ses bords, en plaçant la médaille et le moule dans un étau (un étau en bois remplit admirablement ce but), puis en limant la partie excédante de métal qui se trouve sur ces bords, alors, si on exerce une traction en sens contraire sur l'original et la copie, la séparation s'effectuera sans effort. Quand la copie a été obtenue sur la médaille originale elle-même, les précautions que j'ai conseillées suffiront pour que l'adhérence qui a lieu soit très-minime (1). Les empreintes obtenues avec la plupart des substances non conductrices se détachent si facilement que le moule n'en éprouve aucune atteinte; l'adhérence est beaucoup plus grande quand on emploie des moules en plomb; cependant, avec des soins, l'empreinte peut être séparée du moule sans que ce dernier en éprouve un grand dommage. Dans chacun de ces cas, il est nécessaire de prendre certaines précautions pour diriger la force qu'on emploie à produire la séparation, car il y a manière d'enlever l'empreinte avec plus ou moins de facilité.

Quand on emploie le cuivre pour obtenir un dépôt, on peut, comme nous l'avons dit, éviter l'adhérence de la copie à l'original (125, 126).

et il faudra la tenir à la main pour s'apercevoir, à la différence de poids, que ce n'est qu'une imitation. Il est bien entendu que la virole et les deux plaques seront bronzées par les procédés indiqués plus haut, numéro 186; voir aussi l'Appendice.

(1) Lorsque la copie sera adhérente à l'original de cuivre, il suffira souvent de chauffer le tout pour que la différence de dilatation des métaux, occasionnée par la chaleur, produise leur séparation.

Si l'adhérence avait lieu sur un modèle de plomb, on pourrait, à défaut d'autre moyen, faire fondre le plomb qui entre en fusion à une température bien au-dessous de celle qui altèrerait le cuivre. Ce procédé est applicable, à bien plus forte raison, aux alliages fusibles.

Quant à la manière de s'y prendre pour diriger les efforts qui doivent amener la séparation de la copie et de l'original, on trouvera dans le *Manuel du Mouleur en médailles*, faisant partie de l'*Encyclopédie-Roret*, note 7, lettre *d*, des détails fort étendus à cet égard.

226. Les médailles de cuivre obtenues par le galvanisme peuvent être dorées, argentées, platinées, ou revêtues d'une couche de tout autre métal, de manière à offrir un *fac-simile* exact de l'original. La couche du métal dans chacun de ces cas doit être très-mince de peur d'endommager l'original.

On peut fabriquer des médailles à l'aide du galvanisme, avec du zinc, en se servant d'une dissolution de sulfate de ce métal, aussi neutre que possible, et d'un pôle positif en zinc qu'on fait communiquer avec une pile d'à peu près le même volume. Ces médailles de zinc n'offrent aucune beauté qui leur soit propre. Il paraît que l'emploi d'un moule métallique est nécessaire pour leur préparation.

On peut également obtenir ces médailles en fer, en se servant d'une dissolution de chlorure de fer, d'un pôle positif en fer et d'une batterie d'à peu près la grandeur du métal négatif.

227. Pour bien comprendre la valeur de l'électro-métallurgie pour l'amateur de médailles, il est nécessaire d'examiner les procédés qu'il emploie pour les obtenir par le système ordinaire. Les médailles se divisent naturellement en deux grandes classes : la première classe comprend celles qui sont fondues, puis ciselées ; la deuxième classe renferme celles qui sont faites d'un fragment de métal sur lequel on imprime une figure à l'aide d'un coin d'acier qui le frappe avec force au moyen d'un appareil nommé presse à monnaies.

Les médailles de la première classe sont d'abord modelées en cire, celle-ci sert à faire un moule dont on tire une empreinte en métal. Cette empreinte est ensuite ciselée, mais comme il faut ciseler chaque médaille il n'y a plus une identité parfaite entre elles.

L'électro-métallurgie, pour cette classe de médailles sera certainement préférée à la méthode ancienne; car l'artiste peut prendre une copie en plâtre de l'original, et obtenir un *fac-simile* parfait à l'aide du galvanisme. Il peut alors ciseler l'empreinte en métal qu'il a obtenue et lui donner la plus grande perfection; il pourra donc reproduire un nombre indéterminé de copies parfaitement semblables à celle qui lui a d'abord occasionné beaucoup de peine et de travail.

La seconde classe de médailles comprend celles qui sont frappées. Cette opération étant compliquée, nous allons décrire les moyens employés pour la fabrication des monnaies légales. D'abord on modèle en cire l'image du souverain régnant, quand la ressemblance a été approuvée, on donne à cette image le dernier fini. Les monnaies du règne actuel

sont faites par M. Wyon, et l'on peut dire que la beauté et la finesse de dessin des pièces d'or de 125 fr. sont le sujet d'une admiration générale et bien méritée. Comme la beauté de la fabrication des monnaies pendant toute la durée d'un règne dépend de l'habileté de l'artiste, et que dans les siècles à venir, on jugera les arts de notre époque par l'inspection de nos monnaies, on voit combien il est important de ne confier ces sortes de travaux qu'à des hommes d'un talent de premier ordre, auxquels on devra prodiguer mille soins pleins de sollicitude, et auxquels on fournira tous les moyens possibles de perfectionner leur travail. L'esquisse originale de l'artiste devrait toujours être en métal, par exemple en argent ou en cuivre, et on devrait la conserver avec soin; on pourrait en envoyer une copie au *British Museum*, une autre à Oxford, et on devrait en consever une troisième à l'Hôtel des Monnaies, par ce moyen, la postérité posséderait trois copies identiques de l'image de chaque souverain qui aurait posé devant l'artiste, pour reproduire cette image sur toutes les autres pièces en circulation. Une copie de cette esquisse devrait toujours être placée sous la première pierre des fondations de tous les grands monuments, mais revenons à notre sujet. On prend donc une empreinte en plâtre du moule en cire, sur cette empreinte on en prend ordinairement une seconde en fer qu'on monte sur un tour, instrument emprunté à l'Hôtel des Monnaies de Paris où il fut employé pour la première fois. Une pointe émoussée passe du centre de l'objet en suivant une ligne en spirale sur toute la surface et pénètre dans toutes les dépressions. Cette pointe communique un mouvement analogue à un instrument tranchant, qui creuse une empreinte semblable sur un morceau d'acier, cette manœuvre est répétée jusqu'à ce qu'enfin le coin soit obtenu. Ce coin reçoit le dernier fini de la main de l'artiste qui a fait le premier modèle et qui lui donne la physionomie et l'expression convenables. Il est ensuite trempé, et on s'en sert en guise de presse pour imprimer une image en relief sur un autre morceau d'acier, ce qui ne s'obtient que par un choc considérable. Quand cette empreinte en acier a été obtenue, on la trempe aussi et l'on s'en sert pour obtenir les coins dont on fait usage dans la fabrication des monnaies. On prépare alors des disques de métal du même volume et du même poids que la monnaie qu'on veut obtenir, à l'aide d'une série d'opérations, et on les nettoie avec soin avant de les frapper. A l'Hôtel des Monnaies, ces disques de métal sont placés dans une trémie d'où à l'aide d'un mécanisme particulier, elles sortent

une à une pour se diriger sous le coin, qui se joint à un piston placé dans le vide, la pression que l'air atmosphérique exerce sur le piston fait descendre le coin avec une force considérable sur chaque disque, et la pièce de monnaie est immédiatement frappée et rejetée au dehors. Telle est la rapidité avec laquelle s'exécute cette opération, que malgré les premiers déboursés qu'entraîne l'établissement de l'appareil et la dépense qu'exige la fabrication des monnaies, les frais de fabrication de chaque pièce sont inférieurs à ceux qu'elle exigerait si on avait recours à l'électro-métallurgie, lors même qu'on pourrait fabriquer des médailles parfaites par ce procédé.

J'ai vu une autre méthode suivie pour la fabrication des monnaies : On prend un coin, sur lequel est gravée l'une des faces de la pièce de monnaie, on fixe une virole en fer sur cette dernière, on forme un second coin sur lequel est gravée l'autre face de la pièce, et on le fixe dans la virole. On place ensuite entre ces deux coins un disque de métal, alors il suffit d'un ou de plusieurs coups vigoureusement appliqués pour que la pièce soit frappée sur ses deux faces.

Cependant, les moyens mécaniques ne l'emportent que jusqu'à un certain point sur l'électro-métallurgie, car pour peu que la médaille soit d'un grand module, un seul coup ne suffit pas pour le frapper; il en faut deux ou trois, et après chaque coup il est nécessaire de la remettre au feu pour la recuire, attendu que sans cette précaution l'augmentation de densité du métal, produite par la compression exercée par le premier coup, rendrait le second coup infructueux. La plus grande médaille qui ait été frappée est celle de Boulon, dont quelques exemplaires ont, dit-on, exigé 300 coups. Les belles médailles que M. Wyon et M. Léonard Wyon gravent en ce moment pour être distribuées à l'occasion de la grande exhibition du Palais de Cristal, exigeront probablement environ 200 coups pour être frappées d'une manière parfaite. C'est ici que le galvanisme commence à montrer ses avantages; en effet pour obtenir de grandes médailles, il sera toujours supérieur à toute autre méthode. De petites médailles à l'effigie du duc de Wellington et de sir Robert Peel ont été récemment modelées par Palmer et reproduites par son frère.

Une machine qui diffère légèrement de celle qu'on emploie à l'Hôtel des Monnaies, a été inventée par M. Tomes pour tailler cette partie des dents artificielles qui repose sur les gencives, auxquelles il faut qu'elles s'ajustent avec une grande exactitude. L'appareil de M. Tomes consiste en trois

tiroirs, dont deux sont placés dans le sens vertical à angles droits, l'un par rapport à l'autre, tandis que le troisième occupe un plan horizontal, et offre des mouvements qui ont lieu à angle droit avec ceux des deux autres. Le modèle à copier, et le corps destiné à l'être, sont placés côte à côte sur une plaque de métal sur laquelle agissent les tiroirs placés verticalement, pendant qu'un stylet diviseur et un foret sont fixés sur une plaque de métal qui se meut sur le tiroir horizontal. Tous ces tiroirs sont mis en mouvement par des moyens mécaniques, et de telle sorte que chaque partie du modèle est parcourue par le stylet diviseur, qui règle avec exactitude le mouvement du foret, en sorte que par cette opération on obtient une copie parfaite du modèle.

Cette machine, quoique inventée par M. Tomes pour les besoins de sa profession, peut être également employée pour obtenir des copies de médailles; mais, comme toutes les machines qui produisent une copie à l'aide d'un foret qui tourne rapidement, il est nécessaire, si on se sert de celle dont nous venons de donner la description, de retoucher ensuite la copie obtenue dans les endroits qui exigent des angles vifs. Dans les dents artificielles, toutes les surfaces sont curvilignes, d'où il résulte que la machine exécute le travail avec une exactitude de détails que la main ne saurait imiter; mais quand on copie une pièce de monnaie, tous les angles aigus, ceux par exemple des lettres de l'inscription doivent être retouchés par l'artiste.

Jusqu'ici nous avons parlé de la valeur comparative des différents moyens d'obtenir les médailles. Comparons maintenant les médailles galvaniques, avec les autres empreintes dont se servent les numismates. Il n'y a, de nos jours, que deux matières généralement employées à cet usage, ce sont le soufre et le plâtre de Paris, jadis on disposait la face et le revers de la médaille, côte à côte sur un morceau de soufre entouré de papier doré sur la tranche. Dans ces derniers temps, il était passé de mode de faire la copie exactement semblable à l'original, la face se trouvant d'un côté et le revers de l'autre. Aujourd'hui les deux faces de la médaille galvanique après avoir été aplaties à l'aide d'une lime, peuvent être si bien collées ensemble à l'aide d'un peu de colle-forte, qu'il serait difficile pour un œil exercé de reconnaître leur point de jonction, et c'est une affaire de goût que celle de savoir si la face et le revers doivent rester séparés, ou si on doit les réunir La grande supériorité des médailles galvaniques sur les autres est évidente pour tout le monde, surtout si on considère que la copie peut être

obtenue exactement semblable à l'original, non-seulement sous le rapport de l'exécution, mais encore sous le rapport du métal employé à la reproduction. Si les médailles sont dorées, ou d'or, elles se montreront plus belles en les disposant dans un médailler à fond vert; si elles sont d'argent ou argentées, on les placera sur un fond d'un bleu clair; si elles sont en cuivre brillant, sur un fond noir, et enfin sur un fond de jaune clair si elles sont en bronze.

Des moules complets de pièces de monnaies peuvent être faits avec du soufre, du métal d'Albion, ou du plâtre de Paris, en faisant un moule en plâtre de chaque face de la pièce, et en disposant les deux moules, qui doivent offrir deux ou trois fois la largeur de la pièce, de telle sorte que la face et le revers se trouvent à une distance égale à l'épaisseur de la pièce. On creuse alors un petit canal dans lequel on verse le soufre, l'alliage fusible, ou le métal d'Albion; de cette manière on obtient une empreinte fidèle de la pièce. Si quelqu'un parcourt cet ouvrage dans un mauvais dessein, il ne manquera pas de jeter un coup d'œil sur ce chapitre; je dois donc l'avertir d'abord des fâcheuses conséquences qui résulteraient pour lui d'un travail coupable; car tôt ou tard il serait condamné au bannissement : il existe un corps organisé qui surveille sans cesse les délinquants, et nulle dépense ne peut être un obstacle à leur poursuite. Du reste, je puis assurer à quiconque emploie ses talents dans l'art d'obtenir des empreintes en argent ou en tout autre métal, dans un but coupable, qu'il possède une habileté et des connaissances capables de lui faire gagner sa vie d'une manière honorable. Si les progrès des sciences ont mis entre les mains du coupable, des procédés dont il fait un mauvais usage, ces mêmes progrès permettent également de découvrir les fraudes qu'il commet, avec non moins de facilité.

Quant aux monnaies que l'électro-métallurgiste doit choisir pour ses opérations, il devra commencer par le siècle des Israélites, à cause de ses souvenirs historiques, puis copier les beaux échantillons des monnaies macédoniennes, parmi lesquelles se trouvent celles d'Alexandre et de Philippe de Macédoine, puis passer aux magnifiques productions de l'empire d'Assyrie, celles de la race des Séleucides, jouissant d'une grande renommée à cause de leur beauté; puis enfin il copiera celles des généraux d'Alexandre, des Ptolémées, etc. Chemin faisant il ne faudra pas oublier les monnaies syracusaines, les plus belles qui aient jamais été faites, non plus que la série de celles de Carthage, ni les vestiges

de l'antique grandeur des îles de la Grèce; l'Empire Romain ne doit pas être négligé, il faut donc copier les monnaies des Césars. On pourra copier quelques monnaies et médailles postérieures à la naissance de J.-C., puis arriver à l'époque des anciens Bretons, dont les Saxons doivent commencer la série, après quoi il faudra passer aux différents règnes des temps modernes. Après avoir obtenu cette série de copies, l'électro-métallurgiste amateur de médailles, devra les ranger suivant un ordre chronologique et géographique, et il se trouvera avoir fait ainsi un abrégé de l'histoire, dans lequel les progrès de l'art peuvent être suivis au-delà de deux mille ans. La grandeur de l'art grec, jusqu'à sa décadence, à l'époque où le monde était dominé par la puissance monacale, a quelque chose de frappant; il en est de même du règne de l'infortuné Charles, où l'art se relève de nouveau; c'est vers cette époque, que les Symons exécutent leurs beaux travaux. On peut suivre aussi les légères variations que l'art numismatique subit depuis cette époque jusqu'à nos jours.

Ceux qui préfèrent les médailles aux monnaies, peuvent choisir les belles médailles de France et d'Italie, celles de Guillaume et de Marie, celles de Napoléon, sans oublier celles que fit frapper le Pape en commémoration « du glorieux massacre de la Saint-Barthélemy », celles des rois de France ainsi que les dernières productions de Wyon, dont la plus parfaite, suivant moi, est celle qui est frappée en l'honneur du prince Albert.

La plus belle collection de monnaies et de médailles du monde entier, se trouve au *Bristish Muséum*, et quand cet établissement possédera uue copie galvanique de toutes les monnaies et médailles connues, en cuivre doré, en argent ou en bronze, alors les Anglais pourront être fiers de leur collection nationale. Il serait facile de disposer en ordre des copies de toutes les médailles connues, et de les exposer dans une salle ouverte au public.

Quand on veut que les médailles galvaniques offrent une tranche parfaite, on peut y arriver, en enroulant autour du moule une feuille mince de plomb, de cuivre ou de tout autre métal semblable, et en la laissant dépasser la tranche de 1 à 2 millimètres; en terminant l'opération, on verra que le bord de la médaille a acquis cette épaisseur.

On peut donc, à l'aide de l'électro-métallurgie, perpétuer le souvenir d'un ami, ou d'un homme célèbre par sa science, ses talents ou ses vertus; tandis qu'on ne pourrait faire frapper les médailles qu'à grands frais. Il est facile de se

procurer à peu de frais une empreinte en cire du portrait dont on veut conserver les traits; sur cette empreinte on peut obtenir un moule que l'on revêt d'une couche métallique en suivant les règles que nous avons tracées. Cette dépense, partagée entre trente ou quarante personnes, ne serait point onéreuse pour chacune d'elles, et toutes auraient la satisfaction d'avoir le portrait de la personne qu'elles auraient aimée; et quel immense avantage que celui de posséder les traits d'un ami, au lieu d'une simple bague d'or portant une inscription! Combien le souvenir serait durable! Souvent, en effet, l'anneau n'est prisé qu'à cause de sa valeur intrinsèque, et après avoir été porté pendant une année, est impitoyablement livré au creuset; tandis qu'une médaille de cuivre, à part la beauté de son exécution, ne vaudrait que quelques centimes, et serait cependant d'un grand prix pour celui qui la posséderait.

228. Il est à désirer qu'on puisse, à l'aide du galvanisme, parvenir à obtenir une médaille parfaite, c'est-à-dire ayant une face et un revers; car on n'y a pas encore réussi, et la chose est fort difficile, si j'en juge d'après ma propre expérience.

Voici comme je m'y suis pris pour essayer d'atteindre ce but: Je me suis procuré des empreintes en creux des deux côtés d'une médaille et je les ai mises en contact à la partie du plâtre qui se trouvait en dehors de l'impression, de telle sorte qu'il y eût entre les deux faces un intervalle égal à l'épaisseur de la médaille. La surface inférieure des empreintes en plâtre fut ensuite revêtue d'une couche de plombagine et mise en communication avec le zinc de la batterie, tandis que le morceau de cuivre qui devait être dissous (l'anode) était placé au-dessus d'un petit trou que j'avais laissé sur le bord du moule, et communiquait avec l'argent de la batterie. Cette tentative ne fut point suivie de succès. Je pense néanmoins qu'il serait possible, à l'aide de ce moyen d'obtenir des médailles épaisses offrant deux faces (Voyez *Note* du § 224, 2e alinéa.)

CHAPITRE II.

Des moyens de copier les cachets, les empreintes en plâtre, etc.

Importance des cachets, 229. — Procédé pour copier un cachet, 230. — Moules en cuivre pris sur des médailles en plâtre, 231. — Qualités du cuivre réduit, 232.

229. Jadis, lorsque la faculté d'écrire n'était donnée qu'à un petit nombre, un seing ou cachet était une chose de la plus haute importance : il remplaçait dans les actes le même office qu'une *signature*, et c'est précisément là l'origine de ce dernier mot. Aucune transaction n'avait lieu sans être accompagnée du sceau des parties; chaque corporation avait le sien. Comme preuve de la haute importance qu'on attachait aux sceaux, nous citerons celui de Southwell, dont l'empreinte ne s'obtenait qu'après l'application de trois cachets séparés. Chacun de ces derniers se trouvant en la possession des trois intéressés, il aurait fallu que le contrefacteur les eût tous pour obtenir une empreinte complète et pouvoir aliéner une terre ou une propriété. Aujourd'hui le sçeau à perdu sa valeur, et dans le vaste établissement où je demeurais (1), des milliers de livres sterlings changent à chaque instant de main sans subir cette formalité.

Un faible simulacre de l'ancien cachet consiste en un pain à cacheter noir qu'on applique sur les titres de cet établissement.

230. Maintenant donc que les cachets ont perdu de leur importance, nous ne voyons pas d'inconvénient à décrire le moyen de les copier. Ce moyen est fort simple : on recouvre d'abord les empreintes en cire à cacheter d'une couche extrêmement mince de plombagine à l'aide d'une brosse dure. Si cela est nécessaire, on peut aider à l'action de cette substance au moyen d'une petite goutte d'esprit-de-vin ; mais il faut tâcher d'éviter l'emploi de ce liquide, attendu que la cire étant soluble dans l'alcool, le cachet pourrait être endommagé. On fait chauffer ensuite un fil métallique fin à la flamme d'une bougie, et l'extrémité chauffée est mise en contact avec le bord du cachet, pour qu'elle puisse y adhérer. On doit mettre un peu de plombagine autour du point

(1) La Banque d'Angleterre.

d'insertion du fil. On place alors le cachet dans la dissolution; le reste de l'opération est semblable, sous tous les rapports, au procédé qu'on suit pour obtenir des empreintes de médailles. (*Voyez* 220, 221, 222, fig. 25, 26 et 27.)

Après avoir séparé le cachet d'avec la cire, on a coutume de le monter, en le soudant à un fragment de métal, puis de le fixer sur un manche fait au tour, pour pouvoir s'en servir plus commodément. Cette opération exige beaucoup de soin : le revers du cachet doit, en effet, être nettoyé avec de la poudre de charbon et de l'eau, puis séché; on saupoudre ensuite ce revers avec de la résine pulvérisée, puis on place le cachet au-dessus de la flamme d'une lampe à esprit-de-vin jusqu'à ce que la fumée se dégage de la résine; alors on y frotte un bâton de métal à soudure tendre, et dès que la soudure adhère sur toute la surface et en comble les vides, on la laisse refroidir. On met alors le cachet la face en bas, on l'applique sur un bouchon de liége, et on lime sa face postérieure pour en diminuer l'épaisseur jusqu'à ce que la circonférence du cuivre paraisse tout-à-fait circulaire; on aura soin que les deux faces restent bien parallèles. Si le cachet est très-épais, on peut se dispenser de le garnir de soudure, attendu que le cuivre de la médaille lui-même peut être limé en toute sécurité. On prend un fragment de métal, du cuivre, par exemple, ou d'alliage de cuivre et d'étain, connu sous le nom de bronze à canon, et on le lime à une de ses extrémités, qui devient alors plate et d'une grandeur suffisante pour couvrir l'aire du cachet; l'autre extrémité de ce fragment de métal présente une pointe à laquelle on fixe un manche d'agate, d'ivoire, d'ébène ou de tout autre bois dur. La partie plane du manche doit être revêtue d'une légère couche de soudure, et quant à la partie correspondante du cachet, on la saupoudre d'un peu de résine, puis on met les surfaces dans un contact parfait, et on les tient sur la flamme d'une lampe à esprit-de-vin jusqu'à ce que la soudure se fonde et réunisse les deux surfaces; on lime ensuite la tranche du cachet avec soin, on la polit, et on termine l'opération en nettoyant le cachet avec de l'eau et de la poudre de charbon. Quand le dessin du cachet est profondément gravé en creux, on ne peut parvenir à le rendre parfaitement plat; dans ce cas, on en lime la tranche de la même quantité partout, et le manche doit être creusé dans la partie qui correspond à l'éminence qu'offre le revers du cachet.

On peut copier facilement, par ce procédé, les sceaux les plus étendus, comme celui d'Angleterre, ou les grands

sceaux des évêques. Ceux de moindre dimension s'obtiennent avec une égale facilité. L'opérateur doit se souvenir que, quoiqu'il lui soit parfaitement libre d'imiter les sceaux des règnes précédents, il encourrait les peines les plus sévères s'il se permettait de copier ceux actuellement en usage.

On pourra ainsi répondre à un ami dont on a reçu la lettre la veille ou dans la matinée, en lui envoyant une lettre portant son propre cachet, qu'on aura reproduit par l'électrotypie.

Si on veut obtenir une copie en relief d'un cachet de cire également en relief, il faut recourir à deux opérations : faire d'abord un creux en plâtre ; quand on aura obtenu ce dernier, on s'en servira comme on le fait pour le plâtre en général (139 à 142) (1).

On peut faire des cachets en argent ou en cuivre ; les procédés sont semblables, sous tous les rapports, à ceux qu'on emploie pour obtenir les médailles par le galvanisme.

231. Des empreintes en cuivre peuvent être faites avec la plus grande perfection sur des médaillons en plâtre. Si on veut prendre un creux en cuivre d'un plâtre en relief, on prépare simplement le plâtre avec du suif, de la cire, ou toute autre substance analogue, nos 139 à 142 ; on y applique ensuite avec soin de la mine de plomb, et l'on fixe autour de son bord un fil métallique fin pour faire communiquer le médaillon avec la batterie. Cela fait, on peut plonger ce dernier dans la dissolution. La copie en cuivre ainsi obtenue est d'une exécution aussi parfaite que le plâtre original. Quand on veut avoir un relief du médaillon en plâtre, on peut soit *électrotyper* le moule en cuivre obtenu, comme je l'ai déjà dit no 214, ou faire un moule de cire vierge, après avoir préalablement imbibé le plâtre avec de l'eau, no 137, à la fin. Le moule en cire doit être enduit de mine de plomb, et on doit le fixer à un fil métallique avant de l'introduire dans la dissolution. On peut employer dans le même but, un mélange de cire vierge et de colophane. Son application est semblable à celle de la cire blanche. La médaille de cuivre obtenue par l'un de ces moyens est parfaite, et ce procédé peut être considéré comme excellent, car il ne présente aucune difficulté, n'exige pas beaucoup de travail, et s'exécute sans altérer le médaillon en plâtre. La seule difficulté qui accompagne la reproduction des ouvrages en plâtre, n'est pas la fabrication de

(1) 230. On trouve également dans le *Manuel du Mouleur en médailles*, numéro 84 *bis*, un excellent procédé pour transformer directement un creux en plâtre, en relief de la même matière, et *vice versâ*.

la copie en cuivre, mais bien celle d'obtenir une empreinte en plâtre bien faite. Il est à remarquer que chaque artiste qui s'occupe de l'exécution d'objets en plâtre s'imagine être en possession de quelque secret. Mais le fait est que cet art ne s'acquiert que par la pratique, et n'est pas une science soumise à certaines lois (1). On peut obtenir un moule stéréotypé, d'un original en plâtre, et tirer de ce moule une copie en cuivre. L'appareil et le mode opératoire sont semblables à ceux employés pour la reproduction des monnaies et des médailles; mais peu de personnes consentiront aujourd'hui à adopter cette méthode, qui est inférieure aux autres, 220, 222 (fig. 3, 5, 6).

232. On peut donner au dépôt de cuivre ou d'argent qui se forme dans les préparations précédemment indiquées, la texture qu'on juge convenable, et suivant les règles que j'ai prescrites. On peut l'obtenir de la plus grande flexibilité ou de la plus grande dureté. Une médaille, un camée ou un cachet, peuvent être obtenus très-durs, en employant une dissolution très-forte, une grande batterie ou un pôle positif de cuivre très-volumineux. Ce mode de préparation peut être très-utile pour l'anaglytographe de Bate, instrument très-ingénieux, à l'aide duquel on peut reproduire en planche gravée un original en relief. On fait passer sur la médaille un poinçon qui est placé sous un angle de 45 degrés ; cette pointe communique le mouvement à une autre pointe en diamant. A mesure que la pointe qui passe sur la médaille est élevée ou abaissée, le diamant suit une courbure analogue, en sorte que les lignes tracées sur la planche forment certains courbures qui représentent une copie exacte de la médaille (2).

Quand on emploie une légère couche de plombagine, le cuivre déposé ne change pas de couleur, quoique cette couche s'attache à l'empreinte en cuivre quand on enlève celle-ci,

(1) M. Smee tombe ici dans une grave erreur ; l'art de bien mouler le plâtre ne s'acquiert pas par la pratique seule, il existe, pour y réussir, une foule de procédés imaginés successivement par les artistes, et qui ont été recueillis en des *règles certaines*, et forment une théorie dont l'observation est essentielle à la perfection de cet art. Nous recommandons de nouveau l'excellent *Manuel du Mouleur en médailles*, faisant partie de l'*Encyclopédie-Roret*.

(2) Le procédé de gravure de Bate nous paraît être analogue, mais de beaucoup inférieur à celui employé par M. Achille Collas, pour la gravure de son *Trésor* de numismatique. Cet admirable ouvrage est maintenant entre les mains de tous les savants qui s'occupent de médailles. Nous croyons que l'électro-métallurgie est appelée à prêter un nouveau secours aux intéressants travaux de M. Collas.

sans laisser de trace sur l'original en plâtre; mais la couleur du cuivre sera modifiée si la couche de plombagine est épaisse.

Le cuivre à texture dure est d'une grande utilité pour les métallurgistes, qui ont coutume de l'employer pour la machine à l'aide de laquelle ils forment les clichés.

CHAPITRE III.

De la reproduction des objets en airain et en laiton.

Procédé à suivre pour obtenir cette reproduction.

233. Il n'existe peut-être pas, en Angleterre, une église qui ne possède quelque monument antique, consistant en une plaque d'airain où sont gravés les portraits de tous les membres d'une famille. A Yarmouth, ces antiquités furent jugées si peu dignes d'intérêt, que l'on employa ces vénérables souvenirs à la fabrication de poids à l'usage de la ville. Cependant les antiquaires ont une grande vénération pour ces sortes de monuments, et beaucoup d'entre eux s'estimeraient heureux d'en posséder une copie. Rien de plus facile.

Pour reproduire les gravures sur l'airain, il suffit d'en obtenir une copie en plâtre de Paris ou en gutta-percha, après avoir préalablement frotté l'original avec de l'huile; ensuite on fait bien sécher le plâtre, et on l'enduit de suif; cela fait, on fixe autour de lui un fil métallique, et on le frotte de mine de plomb avec une brosse douce, avant de le faire communiquer avec la batterie. On ne peut reproduire par ce procédé que les objets en airain d'un volume moyen, car quelques-uns sont tellement grands, qu'il est presque impossible de les copier. Tels sont les monuments de l'archevêque d'York, dans l'église de Chigwell, dans le comté d'Essex, et ceux de l'abbaye de Westminster.

Le procédé par la batterie est le plus approprié à la reproduction de ces objets. On emploie comme pôle positif un grand morceau de vieux cuivre, qu'on doit placer le plus près possible du plâtre. Comme les objets en airain sont ordinairement d'une grande étendue, et que la copie en plâtre l'est également, on doit employer une forte batterie, sinon la force de la dissolution métallique doit être réglée d'après la puissance de la pile, et on doit la rendre beaucoup plus étendue et plus acide.

Le goût de ces inscriptions antiques s'est beaucoup ré-

pandu depuis peu. Les amateurs de ces plaques d'airain sillonnent le pays, portant un rouleau de papier sous le bras et une provision de *heel-ball* (1) dans leur poche. Toutes les fois qu'ils rencontrent une de ces plaques qui offre un certain intérêt, ils placent dessus une feuille de papier à esquisses, et le frottent avec cette composition, qui le noircit, excepté dans les endroits où le papier se trouve en rapport avec les lignes gravées en creux. Ce procédé fournit un bon estampage; mais quelques antiquaires préfèrent un mélange d'huile de lin et de mine de plomb, offrant à peu près la consistance de la moutarde, et qu'ils appliquent sur du papier de soie à l'aide d'un frottoir en cuir. Pour de plus amples renseignements concernant un sujet si plein d'intérêt, il faut recourir aux ouvrages publiés sur ces antiquités, mais surtout aux magnifiques illustrations de ces monuments antiques publiées par Waller, ouvrage qui se trouve déjà dans la bibliothèque de tous ceux qui ont quelque prétention à la connaissance des antiquités de la Grande-Bretagne.

CHAPITRE IV.

De la manière d'obtenir des creux copiés sur des surfaces en relief.

Des copies de métal en creux, prises sur des surfaces en relief, 234. — Particularités concernant les creux pris sur du papier, 235.

234. Toutes les surfaces en relief peuvent être copiées avec facilité, qu'elles soient en papier ou en toute autre substance. On doit d'abord les rendre non absorbantes, en les enduisant d'huile, de vernis, ou de cire, suivant l'épaisseur de leur tissu (*voyez* n°s 139 à 142). Cependant l'huile de lin doit être préférée pour la préparation du papier. On doit faire sécher la couche d'huile avant d'y appliquer celle de mine de plomb, et de mettre l'objet dans la dissolution.

235. Les empreintes provenant d'un original en papier présentent souvent une apparence légèrement dentelée sur leurs parties unies, ce qui s'explique par les vergeures et autres inégalités de la pâte du papier qui s'y sont imprimées. Il paraît que cet inconvénient n'a plus lieu après que plusieurs copies ont été obtenues.

(1) Les Anglais nomment *heel-ball*, une composition dont se servent les cordonniers pour frotter les talons et le pourtour de la semelle des bottes et des souliers.

Un timbre creux en cuivre dur, pris sur de la cire à cacheter ou toute autre substance, serait probablement applicable aux pains à cacheter en relief dont l'usage est aujourd'hui si répandu. Depuis ma dernière édition, l'emploi de ces creux a été mis en vogue par M. Barclay; et on publie en ce moment un livre de médailles dans lequel cent monnaies différentes sont illustrées par des *fac-simile* en étain laminé ou en papier, dont les empreintes ont été faites à l'aide de ces empreintes en cuivre. Le colonel Leake possède aussi un ouvrage où se trouvent représentées de la même manière ses monnaies grecques si rares et si curieuses.

L'attention de l'autorité a sans doute été fixée sur ce fait, à savoir que par l'électro-métallurgie on peut, avec la plus grande facilité, contrefaire les timbres secs. C'est à elle à décider quelles sont les mesures à prendre à cet égard (1)

CHAPITRE V.

De la fabrication des moules obtenus sur des fruits, des légumes, etc.

Moyen d'obtenir des moules de végétaux, 236. — Méthode de Chantrey, 237.

236. Dans un livre précédent, nous avons enseigné la manière de revêtir les fruits et autres espèces de végétaux, d'une couche de cuivre métallique, après toutefois les avoir enduits d'une certaine quantité de mine de plomb (207). Si on continue l'opération jusqu'à ce qu'un épais dépôt ait été obtenu, au lieu d'une légère couche, on obtiendra un moule. J'ai vu une empreinte métallique prise sur une feuille de cerisier, elle surpasse toute description : en effet, cette empreinte est d'une perfection admirable, car chaque fibre et chaque nervure, en un mot, les moindres parties de la feuille sont exprimées avec la plus grande fidélité sur la copie en cuivre. On peut copier de la même manière la surface d'un fruit, en sorte que chaque rugosité, chaque dépression, quelque délicates qu'elles soient, s'y trouvent reproduites aussi fidèlement que sur l'original.

(1) L'inconvénient de la contrefaçon des timbres secs au moyen de la galvanoplastie, n'est pas aussi grave qu'il le paraît au premier abord, du moins pour le papier timbré, dont la vignette, à filigranes, incrustée dans la pâte même du papier, opposera toujours un obstacle aux faussaires qui seraient tentés de contrefaire le timbre sec.

237. Chantrey a imaginé un procédé ingénieux, mais difficile et compliqué, pour obtenir l'empreinte des feuilles et des bourgeons d'un arbre : il prend du sable fin de fondeur, qu'il pulvérire et tamise avec soin, il y enferme les feuilles et les bourgeons ; le tout est desséché au four, les parties végétales se réduisent en charbon qu'on fait disparaître en soufflant dessus par des ouvertures ménagées à cet effet ; le charbon disparaît et laisse un vide qui représente la forme de la feuille ou du bourgeon ; cette cavité fait l'office d'un moule dans lequel on verse du cuivre fondu. On atteindra plus facilement le même but à l'aide du courant galvanique.

Toutes les substances animales et végétales qui peuvent séjourner quelques heures dans la dissolution de cuivre sans altération, peuvent être copiées. Dans tous ces cas, l'appareil à batterie, semblable à celui qu'on emploie pour les médailles, doit être préféré (fig. 24) (1).

CHAPITRE VI.

De l'application de l'électro-métallurgie à l'art du fondeur, bas-reliefs et autres applications.

Procédé que suit le fondeur pour obtenir un sujet en métal, 238. — Moyens employés par l'électro-métallurgiste dans le même but, 239. — Texture du cuivre, 240. — Remarques générales, 241. — Application de l'électro-métallurgie à l'orfèvrerie, 242 ; — A l'art du dentiste, à la chirurgie, à la minéralogie, 243.

238. Les Anglais ont malheureusement presque entièrement cessé d'encourager la sculpture nationale ; sans cette circonstance, l'électro-métallurgie serait d'un grand secours pour cet art. Le fondeur commence par faire un modèle en argile, dont il tire un moule en plâtre (2) dans lequel il verse le métal

(1) Nous ne voyons pas trop quel parti on pourrait tirer, dans les arts, de ces moules de fruits et de végétaux ; on ne pourrait même pas y fondre de la cire, ni quoi que ce soit, puisqu'il faudrait briser le moule pour en retirer le sujet. D'ailleurs les modèles en plâtre, qui coûtent bien moins cher, sont beaucoup plus commodes pour couler de la cire, et on peut les faire en plusieurs pièces, ce qui permet la dépouille du sujet.

(2) Nous n'avons pas besoin de dire qu'une statue n'est jamais coulée dans un creux de plâtre, puisqu'alors une explosion, ou du moins la rupture du moule serait toujours

fondu. Cette dernière opération est difficile et accompagnée d'un grand danger, par suite d'une explosion qui a quelquefois lieu. En outre, la copie métallique est loin d'être parfaite ; elle exige de nombreuses retouches et un nouveau travail pour être terminée.

L'électro-métallurgiste pourrait obtenir un résultat plus parfait, de prime-abord, en préparant tout simplement le plâtre, en l'enduisant de mine de plomb et en le plaçant dans la dissolution de sulfate de cuivre. Un fil métallique en contact avec la mine de plomb, est mis en communication avec le zinc de la pile, tandis que la feuille de cuivre qui doit être dissoute va communiquer avec l'argent de cette pile.

239. Quand l'original présente de grandes dimensions, il est nécessaire que le vase dont on se sert offre une énorme capacité : pour obvier à cette difficulté, on doit, si le moule est creux, joindre ses différentes pièces ensemble par de la cire ou de la graisse, de manière à ce qu'il devienne lui-même le vaisseau propre à contenir le liquide. On doit se servir de fortes batteries et d'une dissolution légèrement étendue, parce que, d'après les probabilités, le volume de la batterie ne sera pas proportionné à l'immense surface que présentera l'original, même lorsque ses dimensions seront peu considérables. Le morceau de cuivre, qui forme le pôle positif, doit être aussi grand que possible. Il doit être placé très-près du moule en plâtre, afin qu'il y ait peu d'obstacles au passage du courant.

240. On peut donner au cuivre n'importe quelle épaisseur; sa force et son épaisseur peuvent aussi être réglées suivant que l'exige telle ou telle partie du travail, en augmentant ou en diminuant la distance entre le plâtre et la plaque positive de cuivre. Le prix d'une statuette de bronze, obtenue par cette méthode, comparé à celui qu'elle coûterait par la méthode généralement en usage, est difficile à déterminer exactement. Dans l'ancien système, on doit tenir compte de la valeur du cuivre, du combustible employé pour le fondre, et, en outre, de la main-d'œuvre nécessaire pour terminer ensuite le travail. Dans le procédé à l'aide du galvanisme, les dépenses sont : la valeur du cuivre, plus, la valeur d'un poids égal de zinc, plus, le travail nécessaire pour mettre les batteries en œuvre ; il faut déduire de tout cela la valeur du sulfate de zinc qui s'est formé pendant l'opération. D'après

inévitable. Le moule de plâtre obtenu par le sculpteur sert à produire une copie en relief de plâtre, et c'est sur cette dernière que s'opère le moulage en sable de la statue.

(Note du Traducteur.)

les évaluations précédentes, on voit qu'on ne peut se former qu'une idée approximative des frais nécessités par les deux méthodes ; et ce problème ne pourra être résolu qu'en faisant des opérations sur une large échelle.

Je ne saurais donner une plus haute idée du pouvoir de l'électro-métallurgie, qu'en disant, qu'à l'aide de ce moyen, on peut copier un bouton de Barton avec la plus grande exactitude. Je possède une semblable copie en cuivre obtenue par le galvanisme, dont M. Poulton m'a fait présent. M. Poulton est très-habile dans l'art de travailler les objets microscopiques, et on peut s'adresser à lui pour en faire emplette. J'ai la copie dont je viens de parler sur le papier où j'écris, et le chatoiement éblouissant de ses couleurs est tel, que l'œil se fatigue à la contempler aux angles de réflexion. Il est peut-être inutile de rappeler à mes lecteurs que les belles couleurs que ces boutons présentent, sont dues à des lignes très-rapprochées les unes des autres. Ces copies galvaniques pourraient servir comme objets d'ornement.

Dans l'intéressant Annuaire de M. Timb pour 1847, il est fait mention de diverses expériences exécutées par M. Silliman, en Amérique, et dans lesquelles ce professeur est parvenu à copier, avec succès, les couleurs irisées de la nacre de perle ; le procédé qu'il suit est, par son importance, digne d'être cité :

« Il y a quelques mois, tandis que je me livrais à des ex-
» périences sur l'électrotypie, je fus conduit à penser qu'à
» l'aide de ce procédé, les couleurs de la nacre-perle pour-
» raient être transportées sur les métaux, qui, par suite de
» leur dureté, ne peuvent pas être colorés en masse, mais
» qui n'étant pas susceptibles de s'oxyder, conservent pen-
» dant longtemps une surface comparativement pure. Je pris
» en conséquence une pile de Smee que je venais de cons-
» truire, et après plusieurs tentatives, je parvins à obtenir
» de petites feuilles d'argent offrant la teinte irisée de la
» nacre. Vues à l'aide d'une seule lumière, comme celle d'une
» lampe, le jeu des couleurs est d'une beauté surprenante,
» qui le cède à peine à celles de la nacre, et quand ces feuilles
» sont préparées avec soin, elles offrent encore, huit mois
» après leur préparation, une fraîcheur, une beauté qui ri-
» valisent avec celles qui viennent d'être soumises à l'action
» de la pile.

» Voici par quel procédé on arrive à ce résultat : La pre-
» mière chose à faire consiste à préparer la nacre ; ce qu'on
» effectue en soumettant la face externe du coquillage à
» l'action d'une meule qui use et fait disparaître les nom-

» breuses couches stratifiées qui entrent dans sa composi-
» tion. Cela étant fait, à l'aide d'un microscope, on verra la
» surface couverte d'une multitude de sillons, au nombre
» de plusieurs milliers dans trois centimètres carrés, sillons
» qui sont formés par les sections des lames concentriques :
» c'est cette disposition particulière qui produit les teintes
» éclatantes qu'on y remarque. Il faut ensuite obtenir une
» impression exacte de cette surface sur quelque corps bon
» conducteur du fluide électrique. J'atteins ce but à l'aide
» d'alliages fusibles, et en prenant beaucoup de soin pour
» obtenir cette impression. Je suis la même méthode que
» s'il s'agissait de prendre la copie d'une médaille. Après
» avoir fait fondre le métal, je le verse sur du papier huilé,
» et quand les bulles d'air cessent de s'élever à travers le
» métal, on écume la surface de ce dernier, à l'aide d'une
» carte, pour enlever l'oxyde qui surnage; et dès que cette
» surface offre l'aspect d'un miroir, on y appuie vivement
» et fortement la nacre. Quand le métal est devenu froid, je
» le sépare de cette dernière, et après m'être assuré de la
» fidélité de l'impression, je le plonge dans la dissolution
» avant qu'aucune modification ne se soit opérée à sa sur-
» face, puis je complète le circuit entre les pôles de la pile.
» En peu d'instants, la surface du métal se recouvre d'un
» dépôt d'argent, qui reproduit exactement la configuration
» de la nacre qui a servi de modèle. Dans les cas les plus
» favorables, on obtiendra, dans l'espace de cinq ou six heu-
» res, une couche d'argent assez épaisse pour pouvoir être
» enlevée à l'aide d'un canif. »

L'électro-métallurgie offre une grande ressource aux modeleurs. J'ai vu dernièrement quelques détails d'un magnifique modèle, que M. James prépare en ce moment pour la grande exhibition du Palais-de-Cristal : c'est une représentation parfaite, sur une petite échelle, du pont de Menai. Les tubes qui entrent dans sa construction, après avoir été obtenus, séparés les uns des autres, par l'électro-métallurgie, ont été ensuite soudés, puis argentés par la voie galvanique. Un autre modèle, qui représente le pont suspendu du Dniester, présente des culées si bien argentées par le galvanisme, et imitant la pierre avec tant de fidélité, que l'œil pourrait être abusé en l'examinant.

M. Chatterton, qui sculpte si bien l'ivoire à l'aide d'une machine spéciale, a exposé, l'hiver dernier, dans la salle des Soirées scientifiques, un buste préparé par l'électro-métallurgie. Son procédé opératoire consiste à prendre une empreinte de la tête, à la recouvrir d'une couche de cuivre;

puis à enlever l'intérieur de l'empreinte creuse. Dans le moule de cuivre obtenu de cette manière, il a fait déposer un revers en cuivre; mais cette opération est accompagnée de beaucoup de difficultés, et exige des soins attentifs et incessants. Ce buste est d'une grande perfection; mais M. Chatterton n'a pas fait connaître avec détails les moyens qu'il a employés pour l'obtenir. Pour cette opération, tout ce qui concerne le procédé électro-métallurgique, la dissolution, le pôle positif, etc., doit être conforme aux règles que nous avons tracées si longuement dans les premières parties de cet ouvrage.

241. Avant de terminer, je dois dire que l'électro-métallurgie ne se borne point aux applications que nous avons signalées dans le cours de cet ouvrage; car, tout objet dont on peut faire une copie en cuivre par l'ancien système de la fonte, peut être également reproduit à l'aide du fluide galvanique. Quant aux autres métaux, on peut, à la vérité, les employer dans quelques cas; cependant, l'application du fluide galvanique à leur préparation doit être limitée, à cause du prix élevé de plusieurs d'entre eux, et c'est là ce qui mettra un obstacle à leur emploi général; tandis que la valeur de quelques autres est assez peu considérable pour que leur usage soit peu dispendieux.

Règle générale : Tous les objets en étain, en plomb, en fer, en zinc, peuvent être obtenus plus facilement et à bien meilleur marché, par les moyens mécaniques employés de nos jours, qu'ils ne pourraient l'être par la voie électro-métallurgique. Je ne prétends pas dire, cependant, qu'il n'y ait certaines circonstances où on ne doive préférer cette dernière, à cause du métal pur qu'on en obtient, au lieu du métal impur qu'on emploie en suivant le système ordinaire. Le fer pur pourrait être d'un emploi avantageux, de même que le zinc; mais, dans la fabrication, l'ancien système doit prévaloir sur le nouveau, qui exige une grande tension d'esprit pour surveiller et diriger sans cesse le courant voltaïque, tandis que les machines mues par la vapeur, outre l'avantage d'une production en quelque sorte illimitée, offrent le bon marché et la facilité d'exécution.

Pour les objets en cuivre, on ne retire aucun avantage de l'électro-métallurgie, quand le prix de la main-d'œuvre n'est pas équivalent au prix de la réduction voltaïque, et que l'objet peut être fabriqué par des moyens purement mécaniques; dans ce cas, il faut préférer l'ancien système au nouveau. Cependant, dès que le prix des matériaux et de la main-d'œuvre est plus élevé que celui que nécessite la voie galva-

nique, alors l'électro-métallurgie commence à déployer tous ses avantages, et la reproduction des objets qui exigent du soin et de la délicatesse dans le travail doit s'opérer par l'électro-métallurgie. Dans une première partie de cet ouvrage, j'ai fourni des données propres à faire connaître les dépenses comparatives qu'entraîne chaque procédé, y compris l'électro-métallurgie.

Quoique, à chaque page de cet ouvrage, j'aie examiné et discuté tout ce qui concerne le prix de chaque procédé comparé l'un à l'autre, cependant j'engagerai de nouveau le fabricant à réfléchir mûrement avant de remplacer, dans ses ateliers, le procédé ancien par le nouveau. L'économie et la bonne qualité des produits sont les seules considérations qui doivent le guider. Il doit dédaigner les procédés séduisants, et ne doit pas se laisser entraîner à employer l'électro-métallurgie parce qu'il aura été témoin du phénomène magique d'un vieux clou et d'une dissolution d'une vieille pièce de monnaie en cuivre, métamorphosés, au bout de quelques heures, en un objet d'art qui naguère exigeait plusieurs années de travail.

On a tenté d'obtenir des tubes en cuivre, des casseroles, etc., à l'aide de l'électro-métallurgie; mais il est évident que ceux qui faisaient ces essais ignoraient la dépense relative de ces opérations. Cependant, dans ce cas et dans certains autres, il est possible que les tubes offrant une certaine courbure puissent être obtenus par l'électro-métallurgie, et que l'absence de soudure puisse offrir des avantages dans certains cas.

Parmi les applications qui ont été faites de l'électro-métallurgie, je dois signaler les essais qu'on a tentés pour revêtir l'orifice des bouteilles de vin pour garantir leur contenu du contact de l'air.

L'électro-métallurgie offre les moyens de reproduire les surfaces polies ; mais cette application ne peut se faire que dans des cas déterminés, attendu que les surfaces finement brunies ne peuvent pas être rendues avec perfection; car si ces surfaces sont bien nettoyées, une adhérence aurait lieu; et si l'air adhère à la surface de l'original, il s'y forme des taches noires, nommées *curd*, qui paraissent dues à une irrégularité dans l'épaisseur de la couche d'air. Quoique les surfaces brunies ne puissent pas être reproduites d'une manière parfaite, cependant on peut y réussir dans certains cas. L'exécution de la copie des miroirs doit être dirigée d'après les observations précédentes, car il serait toujours nécessaire de terminer cette copie par le brunissage. Toutes ces

opérations délicates ne devraient jamais être tentées avant que l'expérimentation ait enseigné à l'opérateur à vaincre les difficultés qui peuvent se présenter.

Pour ce qui concerne la fabrication des articles en argent à l'aide de l'électro-métallurgie, les remarques précédentes lui sont également applicables. La fabrication des cuillères et des fourchettes d'argent par le procédé actuellement en usage, se fait à si bas prix, qu'on ne saurait élever l'ombre d'un doute sur la préférence qu'on doit lui accorder sur l'électro-métallurgie. Les objets d'un travail minutieux dont on veut tirer une copie, pourraient être obtenus avec avantage en ayant recours au galvanisme, et il est inutile d'ajouter que la couche d'argent obtenue pourrait être consolidée à l'aide d'une doublure de cuivre, si cela était nécessaire. L'objection qu'on peut faire à l'électro-métallurgie appliquée à ces différentes opérations, c'est la nécessité d'employer l'argent parfaitement pur.

242. L'électro-métallurgie promet de rendre de grands services à ceux qui travaillent l'or, car, après s'être procuré un modèle, ils peuvent s'en servir pour obtenir les copies les plus compliquées; il est vrai que l'achat des articles en or est si dispendieux, que la main-d'œuvre n'y entre que pour une faible part; sans cette circonstance, l'électro-métallurgie serait de la plus grande importance pour les orfèvres.

Le dentiste a besoin, pour la fabrication des râteliers, d'une empreinte exacte de la bouche, faite en platine, en or, ou en palladium. Le prix de fabrication de ces appareils est si considérable, que beaucoup de personnes se privent de leur usage. Il est nécessaire qu'ils puissent s'adapter parfaitement aux gencives, et, sous ce rapport, l'électro-métallurgie peut venir en aide au fabricant; mais on doit se souvenir que, nonobstant les règles prescrites dans ce livre, ces sortes d'ouvrages exigent de la dextérité et de l'habitude. D'autant plus qu'il est nécessaire que le métal réunisse la solidité à la plus grande tenacité.

243. L'électro-métallurgie peut, dans certains cas, être très-utile aux chirurgiens et aux orthopédistes, car, quand ils veulent exercer une pression continue sur une partie, ou placer une région du corps dans une position particulière, ils peuvent construire un instrument en cuivre approprié aux différents cas qui se présentent, résultats qui peuvent être obtenus en prenant d'abord une empreinte en plâtre, ou en étoffe amidonnée, de la partie malade.

On pourra également se servir, dans ce but, de gutta-percha. Jusqu'à présent, il ne s'est présenté dans ma pratique

aucun cas où j'aie eu l'occasion de recourir à l'électro-métallurgie. Mais j'ai vu des cas de pied-bot, où sans aucun doute un moule métallique aurait été un grand bienfait pour le malade, quant aux attelles métalliques, on pourrait probablement en retirer de grands avantages dans certains cas, mais en général celles qui sont faites en tablettes à moulures ou en gutta-percha (telles que je les ai décrites dans la *Gazette médicale*) sont préférables. A l'aide d'un emploi convenable de ces tablettes à moulures (*moulding tablets*) des malades portant une fracture d'un membre ont pu quitter leur lit et se promener 3 ou 4 jours après l'accident. Pour les fractures, les attelles faites en gutta-percha ou avec mes tablettes à moulures, doivent être préférées aux attelles métalliques, à cause de leur légèreté, car quoiqu'elles puissent se modeler exactement sur la forme du membre, elles offrent tant de dureté et de résistance, qu'elles pourraient subir un choc violent sans aucun inconvénient.

L'électro-métallurgie n'est pas sans intérêt pour le géologue, car non-seulement elle peut reproduire la forme des veines métalliques renfermées dans le sein de la terre, mais encore elle fournit le moyen d'obtenir des copies en cuivre des fossiles sur lesquels les dissolutions métalliques n'exercent aucune action. Si la dissolution est acide, elle ne pourra pas être employée pour les stratifications qui contiennent du carbonate de chaux; mais alors on peut obtenir d'abord une copie en plâtre, dont on pourra tirer une autre copie qui sera aussi parfaite que l'original. Ces empreintes métalliques doivent être préférées à toute autre espèce de copie, car elles sont plus légères, occupent moins de place, sont moins fragiles, et par conséquent plus durables que les autres.

L'électro-métallurgie est arrivée à un tel degré de perfection qu'on peut obtenir une empreinte en métal tenace de n'importe quel volume et de quelle forme; on peut même la peindre pour lui faire mieux imiter l'objet qu'elle est destinée à reproduire. Tous les autres corps devraient être bannis de nos musées, attendu que le cuivre doit être préféré pour obtenir toutes les reproductions possibles.

M. Poulton m'a envoyé tout récemment l'empreinte de l'œil d'une libellule (demoiselle) qui au microscope présente toutes les facettes qu'on observe sur un œil composé; ce fait peut être considéré comme une application vraiment remarquable de l'électro-métallurgie.

L'architecte doit toujours se rappeler les ressources qu'il peut puiser dans cet art qui lui fournira les moyens d'orner

ses constructions, à peu de frais, de statues, de frises et autres embellissements. L'électro-métallurgie employée à propos, peut servir aussi à l'ornement des églises. Tous ceux qui ont contribué à développer les lois qui régissent cette science, et à faciliter son application, seraient fiers à juste titre, si elle pouvait jusqu'à un certain point nous ramener aux splendeurs du Temple de Salomon, car est-il rien de plus honteux pour un peuple, que de voir des lieux destinés aux plaisirs, tels que les salles de danse, de festin, et de débauche, déployer tout le luxe et la richesse que la science moderne nous permet d'y prodiguer, tandis que des édifices, où l'on ne voudrait pas loger les lévriers des grands seigneurs, sont consacrés au culte du Créateur.

LIVRE V.

CHAPITRE PREMIER.

De la reproduction des caractères d'imprimerie.

Manière d'imprimer les livres, 244. — De la stéréotypie. 245. — Des caractères électrotypiques, 246.

244. Les caractères dont on se sert pour l'impression des livres, sont formés de lettres séparées et composées d'un alliage particulier ; ces lettres combinées ensemble forment des mots, un certain nombre de mots forme un paragraphe, etc.

La plupart des ouvrages sont imprimés par parties, en sorte que tandis qu'on imprime un chapitre, l'auteur souvent en compose un autre. Dans ce cas, l'électrotypie ne serait d'aucune valeur pour le typographe, car les caractères qu'on emploie pour imprimer la première partie d'un ouvrage serviront encore pour en imprimer une autre.

Quant aux livres qui sont d'un grand débit, tels que la Bible ou les livres de prières, qui n'exigent pas qu'on y fasse de changements pendant un grand nombre d'années, on est dans l'habitude, quand l'ouvrage est entièrement composé, d'en prendre une copie stéréotypée. On obtient d'abord une empreinte en plâtre de ces caractères, puis on la fait sécher au four, et sur ce modèle on prend ensuite une seconde empreinte en métal.

245. L'empreinte ainsi obtenue offre l'avantage d'être d'une seule pièce, tandis que les caractères ordinaires sont séparés, une planche stéréotypée peut être obtenue à bon marché, mais une planche électrotypée est plus parfaite. On fait en ce moment des essais pour obtenir ces planches à l'aide d'une composition particulière qui paraît être formée de gomme laque en écailles et d'autres substances. On fait le moule en plâtre de Paris et on fixe la planche dans une forme pour la maintenir fixe. On prétend que cette composition est fragile. mais il paraît qu'on en obtient des impressions bien faites,

J'ai vu une très-belle planche obtenue de cette manière; mais l'expérience n'a pas encore décidé de sa valeur, le procédé par lequel on obtient les planches a besoin de perfectionnement, car il n'offre pas assez de rapidité.

246. Pour obtenir une copie électrotypée d'une page formée de caractères mobiles, il faut prendre une impression en creux de cette page, à l'aide de la gutta-percha; on peut aussi prendre cette empreinte en creux avec de la cire à cacheter ou du plâtre de Paris rendu non absorbant, ou avec de la cire vierge. On enduit de mine de plomb, l'empreinte en creux, et on la plonge dans la dissolution pour la recouvrir d'une couche de cuivre; on doit avoir grand soin de faire disparaître les bulles d'air. Il suffit que le modèle soit recouvert d'une légère couche de cuivre, mais il faut alors en consolider la face postérieure par une couche de métal à soudure, de métal de caractères d'impression, ou de quelque alliage semblable. Ce procédé ne peut être utile que pour obtenir des planches propres à imprimer la Sainte Bible, les œuvres de Shakspeare, les Voyages d'un Pèlerin, et autres ouvrages d'un vaste débit. Il est probable que ces planches impriment mieux et durent plus longtemps que celles qui sont faites en métal à stéréotyper ordinaire. Mais l'expérience n'a pas encore prononcé sur cette question. Cependant il est plus que probable que par la suite on donnera la préférence à l'électro-métallurgie pour la reproduction de ces planches. Jusqu'à ce jour on n'y a point eu recours d'une manière générale, à cause des frais qu'entraîne la préparation de ces planches et de la difficulté qu'on éprouve à les reproduire; mais, certainement on s'en servira, dans certains cas, attendu que l'emploi de la gutta-percha diminue la dépense à faire. Un Français a tenté de fabriquer les caractères d'impression en cuivre, à l'aide de moyens mécaniques; les échantillons que j'ai pu voir, m'ont semblé bien faits, mais ils ne sont pas encore devenus un objet de commerce.

Depuis ma dernière édition on a imaginé un nouveau procédé d'impression très-ingénieux, on le nomme procédé anastatique. Si on lave une page imprimée, avec de l'acide hypo-phosphorique (acide qui se forme par la combustion spontanée du phosphore en contact avec l'air et l'eau), cet acide paraît avoir pour effet de faire saillir l'encre, et quand on soumet le papier à une forte pression sur une plaque de zinc, celui-ci garde une empreinte de cette page, et si on passe le rouleau sur cette plaque en suivant les procédés ordinaires de la lithographie, elle pourra à son tour fournir

une impression. On emploie aujourd'hui le procédé anastatique pour réimprimer les feuilles défectueuses quand une édition est presque épuisée.

CHAPITRE II.

De la reproduction des plaques en cuivre unies.

247. L'application de l'électrotypie aux différents genres de gravures est de la plus haute importance. Les gravures sont généralement faites sur des planches de cuivre qu'on soumet à une longue et laborieuse préparation. Le cuivre qu'on emploie dans ce cas, doit être aussi pur que possible; après l'avoir laminé de manière à lui donner une certaine épaisseur, on le livre au planeur; celui-ci examine attentivement la planche, et enlève toutes les particules de métal étranger qu'il aperçoit à sa surface; après quoi, pour combler les petites cavités qu'occupaient ces particules, il plane de nouveau la planche à coups de marteau; on la polit ensuite grossièrement avec du charbon.

Le prix d'une plaque préparée de cette manière est de 3 fr. à 3 fr. 50 le demi-kilogramme.

248. Les planches de cuivre ainsi obtenues, ne sont pas pures, car elles contiennent généralement de l'étain et d'autres métaux qui rendent la gravure au burin difficile, et la gravure à l'eau-forte incertaine dans ses résultats. Pour obvier à ces imperfections, on peut obtenir une plaque électrotypique copiée sur une plaque en cuivre ordinaire; et comme le métal qui se dépose sous l'influence du fluide galvanique est de la plus grande pureté, il est plus approprié aux besoins du graveur. Cette plaque copiée présente une surface aussi unie que celle de l'original, et peut être immédiatement mise en œuvre. Mais il est mieux cependant de planer la copie

au marteau et de la polir avec du charbon, ce qui l'améliore en la rendant plus élastique; et l'opinion d'un des premiers fabricants de planches de cuivre de la ville de Londres, est que la planche galvanique, ainsi planée, est aussi bonne qu'une planche en acier. Une de ces plaques électrotypiques fut planée au marteau et préparée comme les plaques ordinaires dont se servent les graveurs. M. Palmer y fit exécuter plusieurs dessins. Le planeur, interrogé sur la qualité de la plaque qui avait été soumise à son travail, répondit qu'elle était bien supérieure à celles obtenues par le laminage ordinaire.

Quelques personnes avaient douté que les planches obtenues par l'électrotypie pussent supporter l'action du marteau. Le fait précédent lève toute incertitude à cet égard. Cette planche fut ensuite soumise à l'action du burin, et l'artiste fut d'avis que la qualité du cuivre était telle, que la gravure au burin exigeait beaucoup moins de travail comparativement aux planches ordinaires. Un graveur à l'eau-forte partagea la même opinion et avoua que l'acide nitrique mordait plus uniformément sur ce cuivre, ce qui dépendait sans doute de son extrême pureté. D'autres planches galvaniques reçurent des dessins tracés à l'aide du tour à guillocher, ou furent gravées par l'anaglyptographe de Bate (note et N° 233); plusieurs expériences analogues furent faites, et tous les artistes qui s'y livrèrent furent du même avis, et attribuèrent cette incontestable supériorité à la pureté du cuivre, tandis que le cuivre ordinaire est presque toujours mêlé de charbon, ou allié à d'autres métaux, ou souillé de quelques scories et autres impuretés.

249. Le procédé pour obtenir ces plaques est fort simple. La planche sur laquelle le dépôt doit se faire, doit présenter sur sa face postérieure une lame de métal qu'on y soude, cette lame sert à établir la communication avec le zinc de la batterie. La température qu'exige cette opération chasse l'air qui revêt la surface de cette planche, en sorte que si on la plaçait de suite dans la dissolution de sulfate de cuivre, il serait à craindre que l'original et la copie n'adhérassent ensemble. Pour éviter cet accident, la plaque soudée doit être placée dans un lieu frais pendant vingt-quatre heures et même plus, ce qui lui permettra de se revêtir de nouveau d'une couche d'air. Ceux qui ne sont pas habiles à souder les métaux, peuvent se servir tout simplement d'un fil métallique ou d'un fragment de métal qu'on met en contact avec la face postérieure de l'original : ce moyen de communication est tout-à-fait suffisant. Les parties de la plaque

sur lesquelles on ne veut pas que le dépôt s'effectue, doivent être enduites de cire, de suif, ou de toute autre substance non conductrice.

250. La plaque étant ainsi disposée, on se sert d'une batterie en argent platiné, dont la surface est égale à deux fois celle du métal négatif. On charge cette batterie avec de l'acide sulfurique étendu (environ un décilitre d'acide sulfurique concentré dans dix décilitres d'eau). En employant l'acide ainsi étendu, on obtient une action locale beaucoup moins considérable; et pour cette raison on ne doit pas verser l'acide dans la pile avant que le refroidissement ne soit complet.

Pour le but qu'on se propose ici, la meilleure forme de batterie est celle qui est représentée dans la figure 4. L'élément argent présente une vis qui y est soudée, et un morceau de bois est fixé à sa partie supérieure. Une bande de zinc est placée sur chaque face d'argent, et ces deux bandes sont simplement unies l'une à l'autre et à une vis par une autre grande vis qui joint ensemble ces deux bandes de zinc et la pièce de bois qui est unie à l'argent. Cet ingénieux appareil semble avoir été imaginé pour éviter l'ennui d'ajouter continuellement un autre fragment de zinc à mesure que ce métal est dissous.

251. On peut mettre en usage une auge à précipiter, verticale ou horizontale. L'auge verticale est un vase de bois allongé, dont l'intérieur est luté (119), on y met d'un côté la plaque qu'on veut copier, et de l'autre le morceau de cuivre qui doit être dissous (fig. 12).

L'auge horizontale est un vase carré, à parois peu élevées, dans le fond duquel on introduit la plaque qu'on veut copier (fig. 15); on place à 14 millimètres au-dessus de cette dernière, la plaque de cuivre qui doit être dissoute. Il est nécessaire de mettre la plaque négative au-dessous, sans cela la force de la dissolution ne serait point maintenue uniformément, et une masse de cristaux se déposeraient au fond du vase : car si cette plaque négative était placée en sens contraire, il faudrait imaginer quelque moyen mécanique pour agiter la dissolution. Le premier appareil est plus convenable pour une précipitation lente, mais le second est plus approprié à la précipitation rapide du métal.

Quel que soit le procédé qu'on emploie, l'auge doit être remplie d'une dissolution de sulfate de cuivre, d'une force appropriée à la puissance de la batterie. Si on emploie une batterie, on doit l'amorcer avec une dissolution saturée de sulfate de cuivre, étendue d'un peu plus d'un tiers de son

volume d'acide sulfurique. On peut employer une dissolution de nitrate de cuivre, de 500 gram. pour 2 litres, ce qui hâtera la formation du dépôt métallique. On peut encore se servir d'une dissolution presque saturée de sulfate ou de nitrate de cuivre, si toutefois on emploie une série de quatre ou cinq batteries, ou si la dissolution est maintenue à une haute température. Il est bon de placer d'abord la plaque dans une dissolution neutre, et ensuite, quand elle est déjà revêtue d'une légère couche, de la plonger dans la dissolution acide, afin que la couche d'air ne soit pas chassée.

252. Toutes les fois que cela est possible, on doit porter la dissolution à une température d'une élévation modérée, attendu que, par ce moyen, le dépôt se formera beaucoup plus vite et que le cuivre présentera plus d'élasticité.

On ne doit pas confondre l'*élasticité* avec la *flexibilité*, erreur qui n'est que trop fréquente. Cette dernière est la propriété que possèdent les corps de pouvoir être facilement courbés en restant dans la même position, tandis que l'élasticité est la propriété qu'ils ont de revenir à leur première forme après avoir été courbés.

La flexibilité des métaux est facile à obtenir en se conformant aux règles précédemment établies; quant à l'élasticité, c'est la propriété que l'électro-métallurgiste a le plus de peine à donner aux métaux.

253. Quand on a rempli l'auge avec le liquide, on prend un morceau de cuivre de même dimension que celle de la planche, et on le fait communiquer avec l'argent de la batterie. Celle-ci étant amorcée, l'auge à précipiter étant remplie par la dissolution, et le fragment de cuivre à dissoudre étant plongé dans l'auge, et uni à l'argent de la batterie, on doit faire communiquer le fil qui est soudé sur la plaque où le dépôt doit s'effectuer, avec le zinc de la batterie, et l'opérateur doit surtout avoir soin de ne plonger qu'en dernier lieu la plaque de cuivre dans l'auge à précipiter, pour compléter le circuit; ces dispositions achevées, on voit un dépôt de cuivre pur se former immédiatement; ce dépôt n'adhère pas à l'original, à cause de la couche d'air qui les sépare (Nos 249, 125, 126 et note 126).

254. Après avoir mis l'appareil en action, l'expérimentateur doit régler la quantité du courant électrique, en diminuant ou en augmentant la distance qui sépare les pôles dans l'auge à précipiter, suivant l'espèce de texture qu'il veut donner au métal; car ce dernier peut être obtenu aussi mou que le plomb, aussi dur que l'acier, ou d'une consistance intermédiaire. Le cuivre ne doit pas être trop cristallisé ni

trop flexible, mais d'une texture moyenne entre ces deux extrêmes. Nous avons déjà suffisamment insisté sur les lois qui président à la formation de ces différentes textures. L'appareil n'exige aucune autre préparation pendant deux ou trois jours; mais au bout de ce laps de temps, on doit, si on le juge convenable, changer l'acide de la batterie ainsi que les plaques de zinc. Le morceau de cuivre qui forme le pôle positif doit toujours être examiné et changé si on le juge nécessaire. On ne doit pas laisser longtemps une plaque dans l'inaction au milieu d'une dissolution neutre, attendu qu'alors le cuivre réduit se trouverait sous la forme de lamelles sujettes à s'exfolier.

255. L'appareil à une seule cellule n'est pas propre à la confection des plaques de cuivre, parce qu'il est difficile de régler exactement la quantité d'électricité d'après la force de la dissolution. En effet, les plaques les plus grandes et les plus parfaites qui aient été obtenues jusqu'ici, ont été faites à l'aide de l'appareil à batterie.

256. Le temps nécessaire pour confectionner une plaque varie suivant l'épaisseur qu'on veut lui donner, suivant la facilité avec laquelle la dissolution se décompose, suivant la force de la batterie, et enfin suivant la distance qui sépare les plaques dans la cellule à décomposition ou dans l'auge à précipiter. Le plus court espace de temps dans lequel on puisse obtenir une plaque, varie de vingt-quatre à trente-six heures; mais quand on emploie l'appareil à une cellule et de l'acide étendu, il faut généralement une semaine et même plus. Dans les deux cas, cependant, on peut obtenir une texture de cuivre semblable. La rapidité du travail dépend de la solubilité du sel à base de cuivre.

Le nitrate de cuivre étant le plus soluble de tous les sels de cette base, on ne peut jamais obtenir une copie plus promptement que ne le comporte la force de la dissolution de ce sel.

257. Quand la plaque est terminée, il s'agit de l'enlever de l'original, et dans ce but on doit dégager les bords de ce dernier des fragments de cuivre qui l'entourent; cela fait, l'opérateur peut séparer les deux plaques l'une de l'autre avec une extrême facilité, car s'il se conforme aux règles que j'ai tracées pour faire adhérer une couche d'air sur l'original (249), aucune adhésion n'aura lieu entre ce dernier et la copie.

258. Les plaques de cuivre ainsi fabriquées peuvent être immédiatement employées par les graveurs, à moins, ce qui est préférable, qu'on ne les plane auparavant à coups de mar-

teau, ou qu'on ne les polisse avec du charbon, comme on le fait pour les plaques préparées par le procédé ordinaire.

Non-seulement on peut obtenir une plaque en cuivre en prenant pour modèle une autre plaque du même métal, comme dans le cas précédent, mais encore on peut atteindre ce but en se servant, pour recevoir le dépôt, de lames de substances sur lesquelles le fluide n'exerce aucune action. Tels sont la cire vierge, la cire à cacheter, ou le plâtre de Paris, qu'on enduit préalablement de mine de plomb.

259. Les fabricants de plaques électrotypiques qui en ont un grand débit, doivent s'efforcer de diminuer leurs frais par tous les moyens possibles. En premier lieu, ils doivent se souvenir que le mercure, qui sert à amalgamer le zinc, n'est point attaqué, mais que quand ce dernier est dissous, le mercure se dépose sur les petites particules du métal étranger que le zinc contenait. On doit conserver avec soin cette masse ainsi que tous les résidus. On parvient à séparer le mercure des corps auxquels il est mêlé, en renfermant la masse dans un nouet en peau, qu'il faut presser dans tous les sens; le mercure qui reste dans le nouet après cette opération peut être obtenu par la distillation. En un mot, d'après la théorie, l'opérateur doit s'efforcer de récupérer la totalité du mercure dont il a fait usage; mais dans la pratique, il y a toujours un peu de perte.

Le sulfate de zinc qui reste dans la batterie quand celle-ci est épuisée, est entièrement pur; c'est pourquoi on doit faire évaporer la dissolution pour obtenir les cristaux de sulfate de zinc, ou bien on peut le convertir en carbonate de la même base dont on fait une grande consommation dans les arts. Le dépôt de cuivre étant également pur, on doit en conserver tous les résidus qui sont propres à fournir à l'or un excellent alliage.

Ceux qui fabriquent beaucoup de plaques électrotypiques, et à qui il importe peu que l'opération soit plus ou moins longue, peuvent adopter un genre particulier de batterie. Celle-ci doit être fort grande et ne doit pas être unie seulement à une seule auge à précipiter, mais à une série d'auges disposées exactement de la même maniare qu'une batterie composée; de sorte que si vingt auges étaient ainsi arrangées et mises en communication avec la batterie, on obtiendrait 10 kilogrammes de cuivre pour 500 grammes de zinc dissous. La dissolution de sulfate de cuivre dans chaque cellule doit être un peu plus étendue et beaucoup plus acide que quand on se sert d'une seule auge; en outre, la plaque positive en cuivre et la plaque négative de chaque cellule doivent être

de la même dimension. Cette grande batterie n'exige pas plus de dépense qu'une petite; car, pour obtenir une somme donnée de travail, il y aurait autant de zinc de dissous dans une batterie faite avec un dé d'argent, que dans celle qui aurait un pôle négatif dont la surface égalerait celle de toute l'Europe. Cette assertion, qui pourrait sembler paradoxale, est confirmée par cette loi : dans toute cellule, la somme d'action chimique est la même. En conséquence, une batterie, pour chaque 500 grammes de zinc dissous, fait précipiter 500 grammes de cuivre dans *chaque* auge, c'est pourquoi le nombre d'auges arrangées en série composée donnera un nombre égal de kilogrammes de cuivre pour chaque kilogramme de zinc dissous.

Si on consulte les équations données dans cet ouvrage, on verra qu'il est inutile d'augmenter la grandeur des batteries au-delà d'une certaine limite, et qu'il faut en conséquence avoir soin de diminuer la somme de résistance dans toutes les auges.

260. Dans la grande et industrieuse capitale de l'Angleterre, il serait inutile de faire connaître l'excellence d'un procédé, si l'on n'y joignait quelques données sur les dépenses qu'il occasionne.

Les frais qui résultent de l'emploi d'une seule batterie et de l'auge à précipiter, sont : la valeur intrinsèque du cuivre, qui coûte 1 fr. 40 cent. le demi-kilogramme, plus le demi-kilogramme de zinc amalgamé, 1 fr. 20 cent.; plus un peu de zinc qu'on perd par l'action locale et l'acide sulfurique, 40 cent.; ce qui porte les frais de matériaux à environ 3 fr. le demi-kilogramme. Qu'on y ajoute la main-d'œuvre, le temps, le loyer et les bénéfices qui doivent résulter de cette fabrication, et l'on verra que chaque demi-kilogramme de cuivre mis en œuvre doit coûter environ une vingtaine de francs; mais il y a lieu d'espérer que ces frais diminueront au fur et à mesure que la vente s'étendra; peu de personnes, en effet, seraient disposées à donner ce prix pour des plaques unies, à moins qu'elles ne voulussent y tracer quelque dessin fait avec un grand soin. Dans un cas semblable, l'élévation du prix serait plus que compensée par la supériorité des plaques ainsi fabriquées.

CHAPITRE III.

De la reproduction des planches de cuivre gravées.

261. Les planches de cuivre gravées ne sont pas plus difficiles à reproduire que celles qui sont unies. En effet, une planche où se trouve tracé le sujet le plus compliqué, la conception la plus belle, le travail le plus délicat et le plus fin, peut être copiée avec autant de promptitude, d'exactitude et de facilité qu'une plaque toute unie, puisque le dépôt métallique, dans les deux cas, s'effectue de manière à reproduire fidèlement l'original.

262. Les dessins gravés sur des plaques en cuivre sont en creux, c'est-à-dire que les traits du dessin sont creusés dans l'épaisseur du métal et situés au-dessous de sa surface. Or, le problème à résoudre consiste à obtenir une copie en creux, c'est-à-dire semblable à l'original : il faut, pour cela, tirer d'abord cette copie en relief, ce qu'on peut faire de différentes manières. On peut obtenir une copie de cuivre en relief en procédant de la même manière que pour confectionner une plaque unie (249-257); ce procédé est le plus parfait et doit toujours être préféré quand il s'agit de dessins délicats. On peut également obtenir la copie d'une planche gravée en se servant d'une plaque de plomb propre et bien décapée : dans ce cas, on place cette dernière dans une presse à imprimer en taille-douce; au-dessous d'elle on met une plaque de fer, et par-dessus on place la plaque gravée; on les soumet alors à l'action de la presse. Dans cette opération, si le plomb est placé dessous, on obtient une impression parfaite, mais la plaque gravée qui est au-dessus se recourbe, ce qui est un inconvénient, et *vice versâ*. En étudiant ces faits, il me vint à l'esprit que si une troisième plaque était superposée aux deux autres, cette forme curviligne n'aurait point lieu. L'expérience confirma les données de la théorie. J'employai une plaque de plomb unie, par-dessus laquelle je mis une autre plaque en cuivre, et par-dessus celle-ci j'appliquai une autre planche métallique, et c'est cette dernière qui devint courbée. Un des inconvé-

nients qu'offre ici l'emploi du plomb, c'est que ce métal est susceptible de s'étendre d'un manière inégale.

On peut prendre une copie parfaite d'une plaque gravée, avec de la cire vierge; mais, pour copier une grande plaque, il faut quelque habitude. La cire vierge doit être recouverte de mine de plomb et plongée ensuite dans la dissolution; on peut aussi employer le plâtre de Paris, pour obtenir une impression en relief. Les ouvriers stéréotypeurs sont très-habiles dans l'emploi de cette substance; mais, quoique j'aie réussi à reproduire des plaques en cuivre en faisant usage de plâtre, je crains qu'on ne trouve pas ce procédé assez parfait pour être employé dans les travaux électrotypiques. Le plâtre doit être soigneusement préparé en suivant les règles déjà tracées, et on ne le plongera dans la dissolution qu'après l'avoir huilé et recouvert de mine de plomb.

On peut obtenir une assez bonne matrice avec de la gutta-percha, et j'ai des raisons de croire que certains fabricants possèdent une recette secrète pour sa préparation, recette qu'ils ont refusé de me faire connaître (249-257).

263. La face postérieure de la plaque obtenue est toujours plus ou moins rude, on devra donc la limer avant de s'en servir; quelquefois, lorsque la plaque est mince, on soude sur sa face postérieure une seconde plaque en étain ou en fer pour la rendre plus solide; mais cette précaution n'est pas sans inconvénients à cause de la dilatation inégale de ces métaux lorsque leur température s'élève. Cependant, au moyen de cette plaque additionnelle, on peut faire usage de cuivre à texture cristalline. Ce métal présente tant de dureté à cet état, qu'il doit probablement avoir plus de durée.

La face antérieure de cette plaque, quelque polie qu'elle soit, est sujette à présenter un aspect un peu terne; on peut faire disparaître cette imperfection à l'instant, en frottant légèrement le métal avec du charbon. Pour expliquer la formation de cette couleur terne, il suffira de dire, que, si l'opérateur place un doigt sur une plaque polie, le cuivre qui se déposera sur elle présentera une copie de l'impression du doigt. J'ai vu, chose étonnante, une plaque montrer un dessin de chacune des lignes qui se trouvent à l'extrémité des doigts, et même des orifices des canaux perspirateurs.

264. Ceux qui ignorent l'art du graveur seraient étonnés de la foule de moyens employés par les artistes pour exécuter une gravure. Cependant, ces moyens peuvent être divisés en trois classes : dans la première viennent se ranger les dessins obtenus à l'aide d'instruments de différentes espèces, tels

que le burin, etc.; dans la seconde, le dessin est produit en agissant sur la plaque à l'aide d'acides capables d'attaquer le métal sur le trajet des lignes qui constituent la gravure; et d'après le troisième procédé, une plaque est uniformément préparée par un instrument qui la revêt d'une couleur parfaitement noire; dans cet état elle est livrée au graveur. En brunissant la plaque, on enlève toutes ses aspérités, et la partie ainsi traitée acquiert une teinte plus claire, en sorte qu'en réglant le degré du brunissage on obtient les différents effets du clair et de l'obscur : c'est ce qu'on nomme le *mezzotinto* ou manière noire. Ce procédé est moins coûteux que la gravure au burin, et est maintenant très en vogue. M. Palmer est parvenu à copier avec la plus grande fidélité chacune de ces trois sortes de gravures, en sorte que l'électrotypie, comme on le voit, peut s'appliquer à tous les cas où on juge convenable de l'employer.

Les membres de l'Union des Arts de Londres se servent de l'électro-métallurgie pour reproduire leurs planches. Dix d'entre elles ont été reproduites par ce moyen. En réponse à une demande que je leur avais adressée sur ce sujet, le secrétaire de cette société me répondit que les impressions obtenues de chaque planche électrotypée variaient de 400 à 1,000, suivant l'espèce de gravure, la moyenne étant de 720; et que les anciennes planches exigeaient des réparations, mais seulement quand elles avaient beaucoup servi et qu'elles étaient usées par le frottement. Les membres du bureau de cette société pensent qu'on doit préférer les planches d'acier aux planches obtenues par l'électrotypie quand il s'agit d'obtenir un grand nombre d'épreuves.

265. Ce n'est qu'au XIVe siècle qu'on a commencé à se servir de planches gravées, dont l'usage est si répandu de nos jours. Par elles, on peut transmettre à la postérité et répandre dans le public des copies de chefs-d'œuvre de l'art, perpétuer les traits et multiplier l'image des hommes illustres et vertueux. Le vulgaire ne connaît guère que ces applications de la gravure, mais elles ne constituent pas la dixième partie des usages des planches gravées. Les fabriques de poteries en consomment une énorme quantité, car presque tous les services de table, en faïence, et les autres ustensiles en terre, reçoivent les dessins qui les décorent, à l'aide de planches en cuivre. Voici comment on s'y prend : Le dessin est profondément gravé dans le cuivre, et celui-ci est appliqué sur une feuille de papier mince, après l'avoir préalablement enduit d'une composition où entre l'arséniate de cobalt, au lieu d'encre ordinaire. Avant de vernir la pièce de faïence,

une assiette, par exemple, on y applique la feuille de papier pour faire adhérer le dessin : l'opération achevée, on enlève le papier avec soin, puis l'assiette est vernie et livrée au commerce.

Les dessins les plus insignifiants sont gravés sur des planches; les saules et autres échantillons semblables sont fort mal exécutés. Cependant notre faïence commune est un sujet d'envie pour les étrangers, car, nulle part, si ce n'est en Angleterre, on n'a réussi à donner quelque perfection à la poterie de cette espèce. L'électrotypie promet d'améliorer encore nos faïences, qui, aujourd'hui, sont sans rivales, car les dépenses que nécessite la gravure des planches de prix, sont telles que leur application est fort restreinte, d'autant plus qu'une de ces planches ne peut fournir qu'un petit nombre de tirages. Aujourd'hui, une planche qui coûterait mille guinées, pourrait fournir par le moyen de l'électrotypie, un grand nombre de copies, en sorte qu'il n'en coûterait pas plus d'avoir un service de table orné de grossières peintures bleues, ou décoré de copies des chefs-d'œuvre de l'art, et représentant les plus belles scènes de la nature, exécutées avec la plus grande perfection. Avant peu, j'aime à le croire, les ridicules ornements qui décorent nos faïences, seront remplacés par des peintures plus élégantes, mieux exécutées et de meilleur goût.

266. Les planches de cuivre gravées sont aussi employées dans les manufactures d'indiennes : ces planches, après avoir été gravées, sont roulées en cylindre, et leurs bords soudés ensemble par un moyen particulier; d'autres cylindres font pénétrer la teinture dans les traits de la gravure, quand l'étoffe qu'on veut imprimer passe sous le cylindre, qui est mû par une machine à vapeur; de cette manière on peut imprimer 20 à 30 mètres de calicot en quelques minutes.

On pourrait copier ces planches en cuivre avant ou après les avoir courbées, en suivant les règles prescrites pour reproduire des plaques unies, et si le manufacturier le désirait, rien ne serait plus facile que de construire un cylindre sans soudure.

M. le capitaine Yallard, de la marine royale, a eu l'extrême obligeance de me permettre d'observer la manière dont on reproduit les planches gravées au bureau de la division des cartes, à Southampton. Les cartes sont d'abord dressées sur du papier, qui sert de modèle aux graveurs. Il existe plusieurs de ces cartes dont on exécute certaines parties à l'aide de moyens mécaniques, pour économiser le travail ; tels sont les points, les lignes, par exemple, ainsi que

les lettres qui forment les mots; quant aux latitudes des différents lieux, elles sont gravées sur la planche par un timbre mécanique. Ces planches sont très-grandes; en langage technique, on les nomme doubles plaques d'éléphant; quand elles sont terminées, on les porte à la division, où on s'occupe à les électrotyper, et où M. Geddes surveille et dirige cette opération avec une grande supériorité. Les éléments des piles sont formés de plaques de cuivre platinisées, dont les bords et les faces sont vernis avec soin, pour qu'ils ne soient pas attaqués par la dissolution. Les morceaux de cuivre argenté sont fixés à un châssis à l'aide de vis, de telle sorte qu'un fragment de zinc puisse agir par irradiation sur chaque surface de métal négatif. Dans une autre partie de cet ouvrage, j'ai conseillé l'emploi de grandes auges; mais que penseront mes lecteurs de certaines auges qui offrent tant d'étendue et de profondeur, que la dissolution d'acide sulfurique est susceptible de durer deux ans avant que le zinc qu'elle contient ne soit entièrement épuisé! J'ajouterai que les auges d'une si vaste contenance sont tout à la fois commodes et économiques. Les plaques en zinc sont très-grandes, et, obtenues par le moulage, elles sont amalgamées avec soin, et j'apprends que depuis que les opérations ont été commencées, il a été consommé environ 160 kilogrammes de mercure, dont une partie cependant peut être récupérée par la distillation des fragments de zinc qui n'ont pas été dissous. Les auges (1) à précipiter sont horizontales, et chacune d'elles se trouve portée par 4 roues, pour pouvoir les changer de place à volonté. Le pôle positif est formé d'une plaque de cuivre très-épaisse, qu'on place au fond du vaisseau, et la plaque destinée à être copiée, est solidement fixée à une pièce de bois qui se trouve très-rapprochée de la plaque positive. On étend légèrement la dissolution, attendu que cette forme d'appareil exige que le dépôt se forme avec lenteur.

Le but qu'on se propose en plaçant la plaque négative à la partie supérieure du liquide, est de s'opposer à ce que des corps étrangers ne s'y attachent et ne la déparent; mais à l'aide de cette disposition on ne pourrait se procurer un dépôt de métal convenable, si on ne mettait en jeu quelque artifice pour faire circuler le liquide et le sel métallique qui

(1) Suivant Warren De La Rue, 1000 parties de résidus des plaques de zinc donnent ordinairement à l'analyse les résultats suivants : zinc 673, mercure 43, perte 284. On a obtenu des résidus soumis à la distillation, un composé cristallisé, très-remarquable, formé de prismes rhomboïdaux droits, et dont voici la formule supposée : — 240 de zinc, 8 de fer, 5 de plomb et 4 de cuivre.

se forme sans cesse au pôle positif. Pour obtenir ce résultat, on soulève alternativement chaque côté de l'auge, ce qui produit une légère agitation dans le liquide qu'elle contient. Cet effet est produit par un appareil mû par la vapeur, qui remplit admirablement bien le but qu'on se propose.

On n'emploie qu'une dissolution de sulfate de cuivre parfaitement pur, avec de l'acide étendu et de l'eau, et on débarrasse souvent le pôle positif de cette matière pulvérulente et noire qu'on y remarque toujours.

Dans cet appareil horizontal, où la plaque négative occupe la partie supérieure du liquide, le dépôt doit nécessairement se former avec lenteur; mais il paraît que chaque jour une *double plaque d'éléphant* (c'est-à-dire de grande dimension) reçoit un dépôt de cuivre qui varie de 750 grammes à 1 kilogramme pesant.

J'ai su, par le capitaine Yalland, qu'en établissant la communication au moment où on introduit la plaque dans le liquide, on n'avait jamais rencontré aucun obstacle provenant de l'adhérence de la plaque nouvellement formée.

L'électro-métallurgie a été, dans le cas qui nous occupe, d'un immense secours, puisqu'elle a permis au bureau des cartes et plans de publier ces derniers à un prix modéré; mais ce n'est pas là le seul avantage que le public en retire. Ce bureau contient des cartes qui sont la représentation exacte de la surface de l'Angleterre, et chaque point de ces cartes représente un objet qui existe en réalité. Mais au bout d'un certain nombre d'années, les objets que ces points résignent se métamorphosent : on bâtit une église sur un point qu'occupait un arbre, un chemin de fer franchit une rivière ou traverse une forêt. Pour opérer les changements qui ont lieu, l'électrotypie est d'une grande valeur : il ne s'agit que de former une matrice de la plaque originale; sur cette matrice, les parties gravées sont représentées en relief. Quand un changement devient nécessaire, on n'a qu'à faire disparaître, par le grattage, les parties saillantes qu'on ne veut pas conserver. On prend alors une copie de cette matrice, sur cette copie, les parties grattées se trouvent sans saillies, c'est-à-dire plates; on la livre donc au graveur, pour qu'il y exécute les changements devenus nécessaires; de cette manière, on tire trois copies de l'original, et chacune d'elles diffère des deux autres.

Malgré toute cette perfection de détails, il me semble qu'on finira par préférer une série complète de matrices à impressions en addition à ces plaques qui ont déjà été préparées, attendu que par ce moyen on pourra réduire le prix

des cartes au moins d'un quart de ce qu'elles coûtent aujourd'hui, circonstance importante pour le public.

La reproduction illimitée des plaques de cuivre à l'aide de l'électro-métallurgie offre un sujet du plus haut intérêt; car, quelle que soit la beauté du dessin, quelque parfaite que soit son exécution, s'il est sans cesse exposé à la vue, il cesse de plaire. Qui a jamais vu un laboureur s'extasier devant la corolle d'un bouton d'or, et cependant quel objet d'art travaillé par la main de l'homme peut lui être comparé? Dans ce cas, cependant, cette fleur est beaucoup plus commune que ne pourra jamais le devenir un objet d'art; il n'existe donc que peu d'analogie entre ces deux cas. Les fabricants d'estampes, qui ne livrent sur le marché qu'une quantité limitée de ces dernières, agissent donc sans discernement; car, si le dessin est bien exécuté, il serait impossible de le reproduire à un assez grand nombre d'exemplaires pour que chaque individu, parmi les nations civilisées, pût s'en procurer un. Plus le travail est parfait, et plus on le débite. Que ceux qui se livrent à ces sortes de spéculations s'attachent surtout à produire un travail finement exécuté, pour trouver beaucoup d'acquéreurs, plutôt que de multiplier de mauvaises épreuves, qui restent enfouies dans leurs boutiques. Les graveurs, qui cherchent dans leur profession non-seulement les moyens de subsister, mais encore la gloire et la réputation, devraient déposer dans une des collections nationales, une copie en relief de leur œuvre, d'autant plus, qu'avec un peu de soin, cette copie pourrait être transmise de génération en génération.

M. Russell a imaginé un procédé à l'aide duquel il peut préparer une planche d'acier à l'aide d'une seule impression. Son procédé est secret. Il m'a dit l'avoir découvert n'ayant que peu ou point de connaissances en chimie. Quand sa planche est préparée, il paraît qu'il faut ordinairement qu'elle soit retouchée par un graveur. Le prix d'une planche semblable revient à 6 fr. 25 c. par 3 centimètres. M. Russell croit que, par son procédé, il pourra livrer des copies des vieilles et belles gravures, à un prix qui les mettra à la portée des classes moyennes, et il exprime la répugnance qu'il éprouverait à livrer ces copies comme étant des originaux, quoiqu'il soit à craindre que cette fraude ne soit que trop souvent pratiquée. J'ai acheté récemment un exemplaire des *Politiques du Village*, au prix de 23 fr., quoique une épreuve originale vaille 15 guinées (300 fr.), et même plus. Quoique la copie soit très-inférieure à l'original, elle ne laisse pas que d'être fort belle. Si je n'avais pas été trompé sur le prix, je n'aurais payé cette gravure que 6 à 7 francs.

Poitevin a fait connaître une méthode à l'aide de laquelle on peut obtenir des planches offrant des dessins gravés en creux ou en relief; ces planches, à leur tour, peuvent être employées pour reproduire des impressions. On expose la gravure à la vapeur d'iode, qui n'adhère qu'aux parties obscures, on la superpose ensuite à une plaque d'argent (qu'on polit d'après la méthode de Daguerre), à l'aide d'une légère pression. L'iode s'attache à l'argent, en sorte qu'il se forme des couches d'iodure d'argent qui correspondent aux ombres de la gravure; cela fait, on plonge la plaque dans une dissolution concentrée de sulfate de cuivre, et on l'emploie comme pôle négatif d'une faible pile; puis on la retire de la dissolution avant que les parties iodées ne soient revêtues de cuivre; on lave ensuite la plaque, et on fait disparaître l'iode à l'aide d'hyposulfite de soude. On oxyde alors les surfaces de cuivre par l'intermédiaire de la chaleur, jusqu'à ce qu'elles prennent une couleur brune foncée; on amalgame ensuite les surfaces de la plaque d'argent, quand celle-ci est refroidie; puis, après l'avoir recouverte de deux ou trois couches de feuilles d'or, on évapore le mercure à l'aide de la chaleur; on brosse les surfaces pour enlever les couches d'or qui recouvrent les parties oxydées auxquelles elles n'adhèrent point. On dissout alors l'oxyde de cuivre à l'aide d'une dissolution de nitrate d'argent, et l'argent ainsi que le cuivre sous-jacent sont soumis à l'action de l'acide nitrique étendu. Les parties revêtues d'or ne sont point attaquées, en sorte que cette gravure à l'eau forte peut donner aux traits la profondeur désirable. La plaque ainsi obtenue peut servir à imprimer d'après le même procédé que la gravure sur bois (1).

Pour obtenir des planches gravées aussi profondément que celles de cuivre dont on se sert ordinairement, on emploie des planches de cuivre dorées. En procédant comme nous l'avons indiqué, les clairs sont recouverts de cuivre, et les parties ombrées étant dépourvues d'iode, l'or amalgamé disparaît de ces dernières, et l'oxyde de cuivre est enlevé des clairs par l'acide. Ces derniers, protégés par la couche d'or, se trouvent donc à l'abri de toute nouvelle attaque de la part de l'acide, et on obtient des traits profondément gravés en creux.

(1) Il est évident que le procédé publié par Poitevin n'est qu'une reproduction ou une variante de l'ingénieuse découverte de M. Niepce de Saint-Victor. (Voir le *Manuel de Photographie* de l'*Encyclopédie Roret.)*

CHAPITRE IV.

De la reproduction des planches d'acier.

Procédé pour obtenir une planche en cuivre à l'aide d'une planche en acier, 267. — Procédé de Perkins, 268. — Parallèle des deux méthodes, 269.

267. Les planches d'acier ne peuvent être copiées que par un procédé particulier, car on ne doit pas les placer dans du sulfate, du nitrate, ni de l'hydrochlorate de cuivre, attendu qu'elles seraient infailliblement détruites. J'insiste sur ce point, car, à ma connaissance, des planches d'acier ont été anéanties par des dissolutions de ces sels. L'acétate de cuivre cristallisé n'est pas décomposé par l'acier ; cependant, lorsque le courant galvanique a duré quelque temps, il y a une certaine quantité d'acide mise en liberté, qui peut attaquer l'acier ; mais les planches d'acier n'éprouvent aucune altération dans une dissolution alcaline d'ammoniure de cuivre, de sulfate ammoniacal ou de nitrate ammoniacal de la même base.

On peut donc, à l'aide de ces sels, faire déposer le cuivre sur l'acier ; mais je crains qu'on n'y trouve aucun avantage, attendu que le cuivre déposé sur l'acier est sujet à s'enlever par écailles : on doit donc recourir à une autre méthode pour obtenir une copie en relief d'une planche d'acier ; on y parvient par l'emploi du plomb, de la cire, de la gutta-percha, du plâtre, ou de toute autre substance propre à donner une empreinte parfaite, et on se sert de cette dernière pour obtenir une planche en cuivre.

Outre ces deux procédés suivis pour obtenir une copie en relief d'une planche d'acier gravée, j'en possède un autre qui est bien supérieur à tous ceux qu'on a proposés jusqu'ici, et qui doit leur être préféré. Ce procédé de reproduction si supérieur à tous les autres, consiste à obtenir d'abord une copie en argent, puis une seconde copie en cuivre ; c'est à l'aide de celle-ci que se fait l'impression. Pour atteindre ce but, on commence par nettoyer avec soin la planche d'acier, pour en enlever tout corps gras qui pourrait se trouver à sa surface, et on la laisse dans un endroit frais pendant vingt-quatre heures avant de s'en servir. On introduit ensuite, dans un vaisseau en grès ou en verre, une forte dissolution de cyanure d'argent et de potassium, dans laquelle on immerge un

fragment d'argent d'un volume à peu près égal à celui de la planche d'acier; ce fragment d'argent est mis en communication avec l'argent platinisé d'une pile. La dernière opération consiste à immerger la planche d'acier elle-même, ce qui doit être fait avant de la mettre en communication avec le zinc de la batterie. L'opération doit être continuée jusqu'à ce que la couche d'argent soit assez épaisse pour qu'on puisse l'enlever, ce qui se fait de la manière ordinaire. De toutes les manœuvres électro-métallurgiques, il n'en est pas, peut-être, de plus facile que celle-ci; car on peut obtenir de l'argent d'une qualité excellente, et il ne se forme aucune adhérence entre l'original et la copie. La surface la plus soigneusement polie à l'aide du brunissoir n'éprouve aucune altération pendant que l'opération s'exécute.

Il est à peine nécessaire d'ajouter que ce procédé est applicable aux coins d'acier, aux timbres secs et autres objets de même nature, et qu'aucune difficulté n'accompagne l'opération.

La seule objection qu'on puisse faire à la copie d'argent en relief, est le prix élevé du métal, qui, pour les planches de grandes dimensions, serait considérable. Dans quelques cas, elle pourrait être diminuée en revêtant la planche d'une couche de cuivre; autrement il faudrait, dès qu'on a obtenu une seconde copie, refondre l'argent et avoir soin d'en perdre le moins possible. Ce procédé, sauf le prix élevé du métal, est avantageux, vu l'élévation de l'équivalent d'argent.

268. Avant de terminer ce qui a rapport à la méthode par laquelle on parvient à obtenir une copie en cuivre, d'une planche de cuivre ou d'acier, il est bon de rappeler que les plaques métalliques peuvent être obtenues non-seulement par le fluide galvanique, mais encore par des moyens mécaniques. Cette dernière méthode est employée depuis quelques années, et a été imaginée par M. Perkins, qui a pris un brevet pour cette invention. Voici en peu de mots la description de son procédé : Il commence par tracer une gravure sur une plaque d'acier doux qu'il trempe ensuite. A l'aide de la gravure en creux de l'original, il obtient une copie en relief sur un rouleau d'acier doux, en exerçant une pression considérable sur le rouleau à mesure qu'il tourne. Ce rouleau qui porte le dessin en relief est ensuite trempé, et peut alors servir à reporter le dessin, en très-peu de temps, sur un nombre plus ou moins considérable de planches; il suffit, dans ce cas, de placer la planche sous le rouleau, et de faire mouvoir ce dernier sous une pression énergique. On éprouve quelque difficulté à bien exécuter cette opération,

car si elle est prolongée trop longtemps, l'original est altéré, et si on cherche à l'abréger, les parties les plus profondes du sujet ne sont pas suffisamment rendues.

269. Les copies obtenues par le procédé de M. Perkins ne sont jamais aussi parfaites que l'original, en sorte qu'il est facile à un artiste de distinguer les unes des autres; ceci dépend des imperfections de la planche, qui exigent que cette dernière subisse des retouches. Ces imperfections sont telles, que l'original et la copie ne sauraient être confondus. Il n'en est point ainsi des planches obtenues par le fluide galvanique, car telle est la ressemblance de la copie à l'original, qu'un artiste exercé ne saurait les distinguer l'une de l'autre; et même, chose singulière, la planche copiée donne une impression plus belle que celle obtenue à l'aide de la planche originale. Cette particularité ne tient point à une différence de teintes, elle dépend de l'artiste, et non pas de la planche. En effet, l'artiste peut donner à son travail plus ou moins d'ombre, suivant la quantité d'encre qu'il emploie. La supériorité de la copie sur l'original doit, sans doute, être attribuée à la qualité supérieure du cuivre, qui donne une plus belle teinte à l'impression. Il est certain, en effet, que les planches électrotypiques l'emportent sur les autres.

Pour donner une idée de la longue durée des planches d'acier, je dirai que M. Oldham, mécanicien de la Banque, m'a fait savoir qu'une planche d'acier, si on a soin de la réparer de temps en temps, peut fournir soixante mille impressions.

Il y a quelques années, on a essayé d'obtenir des impressions à l'aide de copies électrotypées de planches gravées. On prenait un moule en plâtre de l'original, puis on faisait une copie électrotypée de la manière accoutumée; mais l'opération n'eut aucun succès, non par suite du défaut d'exactitude de la copie, mais par ce fait que l'alliage de plomb ne produisait pas une impression aussi nette que les originaux en cuivre ou en acier.

Depuis que cette édition a été mise sous presse, il m'est venu à l'esprit que, pour la reproduction de toutes les planches, il serait préférable d'employer un pôle en cuivre ayant la forme d'une persienne de Venise; chaque lame offrant 10 centimètres de profondeur, et inclinée sur un angle de 45° à la perpendiculaire, les lames étant écartées de 3 centimètres l'une de l'autre. A l'aide de ce moyen, le dépôt se formerait plus promptement. Mais, jusqu'à présent, le temps m'a manqué pour m'assurer, par de nombreuses expériences, de sa supériorité sur le procédé ordinaire.

CHAPITRE V.

De la reproduction des planches gravées sur bois.

Dessins exécutés sur les planches en bois, 270. — Procédés, 271. — Conclusion, 272.



270. Les peuples civilisés devraient être reconnaissants envers les premiers inventeurs de la gravure sur bois, car c'est elle qui a suggéré la première idée de l'imprimerie. Cet art mérite aujourd'hui une attention toute particulière, à cause de la perfection à laquelle il est parvenu. L'art du graveur sur bois est arrivé, en effet, à un si haut degré, que j'ai vu des échantillons qui, pour la délicatesse et le fini du dessin, pourraient rivaliser avec des gravures sur acier. On n'est pas obligé de renouveler souvent la planche dont la durée est presque indéfinie; car, si je suis bien informé on a pu tirer jusqu'à 500,000 exemplaires d'une seule planche (1). Cependant, rien ne serait plus facile que tirer une copie en cuivre d'une planche gravée sur bois. Cette dernière est

(1) Nous pensons qu'on a beaucoup exagéré à M. Smee le nombre d'exemplaires dont le tirage est possible au moyen de la même planche gravée sur bois. Mais on peut obtenir un nombre encore plus grand d'exemplaires en faisant faire plusieurs clichés de la planche en bois par les moyens usités en stéréotypie.

l'inverse des planches en cuivre : celles-ci fournissent l'impression au moyen de l'encre qu'on introduit dans les traits creux du dessin, tandis que, dans la gravure sur bois, c'est le trait qui se trouve en saillie.

271. L'art du graveur semble avoir été dans son enfance jusqu'au XVe siècle, vers la fin duquel il acquit une grande perfection; car les gravures d'Albert Durer et de ses contemporains, sont très-estimées à cause de leur beauté et de la perfection du dessin. Plus tard, cet art, chose étrange! commença à décliner, et était presque entièrement perdu, quand le génie de Bewick, vers la fin du XVIIIe siècle, fit revivre cette branche importante des beaux-arts, qui depuis, s'est élevée jusqu'à l'état florissant où elle se trouve aujourd'hui; la supériorité d'exécution sur toutes les autres espèces d'impressions dépend de la facilité avec laquelle elle a lieu, et de l'indestructibilité relative du dessin.

L'électro-métallurgie peut servir de plusieurs manières à la reproduction des planches gravées sur bois et autres planches analogues. Le fondeur se sert ordinairement de planches gravées sur bois pour reproduire les planches qui servent à une multitude d'opérations, telles que la reproduction par exemple, des armes des souverains. Dans des cas semblables, l'exécution du dessin est confiée à plusieurs ouvriers, et chaque partie se fait séparément. La planche préparée par le fondeur est revêtue, sur sa face postérieure et sur ses bords, d'une couche de cire, de graisse, ou de mine de plomb, et on la plonge dans la dissolution de cuivre comme d'habitude, de manière à en obtenir une copie en creux. Ce moule peut servir à la reproduction de copies en cuivre, qui peuvent être immédiatement employées par l'imprimeur; ou bien on peut s'en servir comme d'une matrice pour obtenir des empreintes par le clichage.

Dans beaucoup de cas, surtout quand il s'agit de planches gravées sur bois d'une grandeur médiocre, on tire de suite une copie de ces planches par le clichage. Il n'y a que peu de personnes en Angleterre qui connaissent la manière dont se fait cette opération, et je crois qu'il n'y a que Branston qui en fasse la profession. On a commencé par tirer un cliché de la gravure ci-jointe; de ce cliché, on a pris une copie électrotypée : cette dernière a été revêtue à sa surface postérieure d'une couche d'alliage à soudure, ou d'un bloc de bois pour lui donner plus de solidité, comme cela se pratique ordinairement quand on veut obtenir une impression à l'aide d'une planche électrotypée. On prend, cependant fort rarement, un cliché de gravures sur bois ayant une certaine

valeur, de crainte de gâter ces dernières. Dans des cas semblables on tire en gutta-percha, en cire ou en plâtre, une copie de l'original, mais la première de ces substances doit être préférée.

M. De La Rue a reconnu que les planches électrotypées ne pouvaient pas servir longtemps à imprimer à l'encre rouge, quoique le cuivre ordinaire soit parfaitement propre à cet usage. Le métal qui entre dans la composition de la planche électrotypée, au bout d'un certain temps, décompose le vermillon et devient blanc, ce qui prouve qu'il a réduit le mercure. Il attribue ce phénomène, et cela avec toute probabilité, à la différence d'aggrégation des deux métaux.



La reproduction des planches gravées sur bois a été opérée sur une plus vaste échelle, par MM. De La Rue que par toute autre maison de commerce. Leur manufacture est considérée par les personnes compétentes dans cette matière, comme le plus vaste établissement de ce genre qui existe dans le monde entier. L'électrotypie n'est qu'une branche insignifiante de leur vaste exploitation, et ne sert qu'à la reproduction des dessins qu'ils emploient pour l'impression. Cette maison, consacrée surtout à l'impression en grand de la papeterie riche et de fantaisie, possède un grand nombre de dessins qu'elle reproduit par l'électrotypie. C'est là, plus que partout ailleurs, qu'on peut juger de la valeur de l'électro-métallurgie et des secours que l'imprimerie et les autres industries lui empruntent.

L'emploi des planches électrotypées pour l'impression a été reconnu préférable à celui des planches en bois, non-seulement parce que le cuivre dont elles sont faites dure plus longtemps que le bois, mais parce qu'à l'aide de ce métal l'impression est beaucoup plus belle.

Notre ami *Punch* (1) trouve bon d'employer les planches en cuivre pour représenter ses drôleries, et il le prouve par son titre qui est imprimé à l'aide de planches électrotypées. Tout le monde lit *le Punch* et aime à voir les travers des autres, représentés sous un point de vue badin, sans que personne cependant en fasse l'application à ses propres folies; et si cela arrive, on est encore satisfait de rire un peu des autres, malgré le déplaisir qu'on éprouve de se voir peint d'après nature. Le talent artistique et littéraire déployé dans cette feuille, lui procure une immense publicité, et l'on m'a assuré que 4 à 5 millions d'exemplaires du frontispice, ont été tirés, ce qui prouve la longue durée des planches de cuivre. Comme *le Punch* a égayé le public à mes dépens, il ne pourra se plaindre de ce que je cherche à instruire mes lecteurs aux siens.

J'ai appris aussi que la vignette qui se trouve en tête de l'*Illustrated London News*, est obtenue à l'aide d'une planche gravée en cuivre dont on tire des impressions comme on le ferait d'une planche de bois. Ce journal qui a fait tant de sacrifices pour son illustration, en gravures sur bois, jouit d'une publicité considérable. Car chacun aime à voir, sous forme de dessin, toutes les découvertes qui se font. Il paraît que quelques copies de cette vignette ont été publiées à 3 millions d'exemplaires. Les directeurs de ce journal

(1) Le *Punch* (Polichinelle) est un journal de caricatures qui paraît à Londres.

trouveraient sans doute autant d'avantage à employer des planches électrotypées que des gravures sur cuivre; c'est quelque chose de remarquable, que, de nos jours, la grande difficulté à vaincre pour les journaux consiste à les tirer en assez grand nombre pour satisfaire aux besoins du public. Le *Times* a si bien senti cette difficulté qu'on a imaginé une nouvelle presse pour la surmonter; les journaux hebdomadaires eux-mêmes rencontrent des obstacles sous ce rapport, et ne peuvent fournir aux débitants qu'un certain nombre d'exemplaires au fur et à mesure qu'ils sortent de la presse. La vente des journaux augmente avec les progrès de la culture intellectuelle, en sorte qu'on s'évertue à perfectionner les machines pour assurer la rapidité de leur impression, et dans quelques cas l'imprimeur se voit forcé d'exécuter l'impression à l'aide de deux séries de caractères.

La machine qui aujourd'hui sert à imprimer le *Times* et qui a été imaginée par Applegarth, est une œuvre merveilleuse qui montre toute la profondeur du génie de l'homme. C'est un point important que de pouvoir imprimer un côté de la feuille aussi vite que possible, pour que le public soit au courant des nouvelles jusqu'au moment, en quelque sorte, de leur arrivée, on dispose les caractères par colonnes comme pour les autres journaux, mais ces caractères au lieu d'être mis sur une surface plane sont fixés sur un cylindre à l'aide d'un filet cunéiforme, placé entre chaque colonne, et qui sert à adapter les séries de surfaces planes à la forme circulaire du cylindre. Comme le cylindre se trouve placé verticalement, il faut que les caractères soient vissés avec soin, sans cette précaution ils se dérangeraient par l'action de la force centifruge, ou toute autre cause, pendant le mouvement rotatoire de la machine; par une ingénieuse disposition de rouages et de courroies, la machine fonctionne de telle sorte que pendant une révolution du cylindre, les caractères se trouvent encrés; huit hommes fournissent à la machine huit feuilles de papier, qui sont imprimées, et enlevées par huit autres hommes. A l'aide de cette machine, on imprime 10,000 exemplaires à l'heure, ce qui établit un contraste frappant avec la vieille coutume d'imprimer avec des presses à la main qui était en usage au commencement de ce siècle.

Pendant que la machine fonctionne, chaque feuille doit lui être fournie juste au moment opportun, sans cela elle ne serait point imprimée à l'endroit convenable. La perfection de cette machine consiste surtout en ce qu'elle offre des mouvements, en quelque sorte, intelligents, qui règlent la rapidité de telle ou telle partie de l'opération; c'est quelque

chose de merveilleux que de voir cette machine en mouvement, la rapidité avec laquelle les feuilles de papier la traversent est étonnante, et soit que nous la considérions sous le rapport de l'effort d'intelligence qu'a exigé son invention, ou des résultats moraux qu'elle produit pour la nation; on est forcé de convenir qu'elle est une preuve plus évidente du génie des Anglais, que les Pyramides et St-Pierre ne prouvent le génie de l'Egypte et de Rome.

Un procédé imaginé par Baxter est aujourd'hui très en vogue. On dit qu'il emploie une planche de cuivre ou d'acier pour esquisser le dessin; ensuite il grave une ou plusieurs planches de bois, qu'il enduit de différents vernis colorés, au lieu d'encre d'imprimerie; il paraît même que dans quelques cas il applique une couleur sur l'autre; puis on imprime à l'aide d'une presse comme pour la gravure ordinaire sur bois. On obtient les plus beaux effets par la combinaison de huit couleurs environ; à l'aide du procédé de M. Baxter, les différentes teintes se confondent graduellement l'une dans l'autre, de cette manière, les physionomies prennent le cachet qui leur est propre, et le paysage offre les clairs et les obscurs convenables. Le public recherche ces gravures, et j'ai la certitude que quelques-unes d'entre elles ont été vendues à 300,000 exemplaires. En mettant ainsi à la portée des classes laborieuses des œuvres d'art exécutées avec soin, on arrive à propager le goût du beau; par suite d'une vente considérable, les frais de premiers déboursés ne sont que peu de chose, car il paraît que l'exécution des petits dessins ne revient qu'à un centime pièce. Le couronnement de Sa Majesté la reine est le travail le plus minutieux qui ait été exécuté par M. Baxter; mais une sainte Famille d'après une peinture qui fait partie de la collection de lord Brougham, un portrait de Jelly Treflz, et d'autres épreuves que j'ai en ce moment sous les yeux, sont de beaux échantillons de cette nouvelle branche de l'art; il est probable que l'électrotypie en nous permettant de reproduire les détails d'une planche originale en bois gravé, à un nombre indéterminé de copies pourrait être d'un grand secours pour le procédé de Baxter. J'aime à voir ces productions dans les plus humbles habitations, elles animent le foyer domestique de ceux qui en ont été éloignés toute la journée par leur travail. Les belles formes et les couleurs harmonieuses d'une peinture, réjouissent la vue de celui qui la possède, ce qui prouve que la science contribue à moraliser l'homme et à le rendre heureux. Les Anglais, comme nation, ne sont pas appréciateurs de l'harmonie des couleurs, et il est probable que les gravures co-

loriées, si on les répand avec profusion, finiront par remédier à cette imperfection de leur nature.

L'électro-métallurgie promet de rendre un grand service à l'impression en général, attendu qu'une production illimitée permettra d'employer des lettres enluminées, semblables à celles qui ornaient les œuvres des siècles passés. Il n'y a qu'un obstacle au progrès dans cette branche des arts qui se rattache à l'électro-métallurgie, je veux parler du peu de sécurité que l'inventeur trouve dans l'exploitation de ses découvertes; car s'il fait de grands sacrifices d'argent pour exécuter avec beaucoup de peine, un beau travail, dès qu'il met en vente quelques exemplaires, la contrefaçon s'en empare, et il est exposé à ne pas récupérer la mise de fonds que l'original lui a coûtée. Cependant, dès que des lois plus sévères auront été faites pour protéger la propriété des estampes, chaque ouvrage imprimé pourra profiter des avantages qu'offre l'électro-métallurgie.

Un assortiment des plus belles gravures d'échantillons d'impressions électrotypiques, se trouvent dans ce chapitre, elles ont été gravées par M. Godard, demeurant à Alençon (Orne). Ces gravures ont été exécutées à l'aide de copies électrotypées.

La science électro-métallurgique montre surtout toute son importance dans un nouveau procédé d'impression que l'auteur, qui a pris un brevet, nomme glyphographie; cette branche de l'art est due à M. E. Palmer, de *Newgate-Street*, et contribue puissamment à la beauté des ouvrages illustrés; sous ce rapport la glyphographie mérite donc une attention toute particulière; ce mot créé par M. Palmer, sert à indiquer que la planche originale est gravée tout d'abord, sans qu'on soit obligé d'en tirer copie, ou d'employer d'instruments, si on en excepte ceux qui sont indispensables à l'artiste pour exécuter le dessin; le moyen à l'aide duquel on arrive à un résultat si merveilleux, étonne par sa simplicité. Le point essentiel de ce procédé consiste à faire en sorte que les surfaces qui doivent produire l'impression soient aussi plates que possible; dans ce but on se sert d'une planche en cuivre semblable à celles qu'emploient les graveurs. On noircit cette planche avec du sulfure de potasse, afin que le dessinateur, à mesure que son travail avance, puisse juger de l'effet qu'il produit. On chauffe cette planche ainsi noircie, et on la recouvre d'une couche d'une composition où entre de la poix de Bourgogne, de la cire-vierge, de la colophane, du blanc de baleine et du sulfate de cuivre, le tout fondu et mêlé ensemble. Cette composition qui est presque blanche, doit être appliquée avec uniformité sur la plan-

che, et l'épaisseur de cette couche doit être d'environ 1 centimètre. La planche dès lors peut être livrée à l'artiste, qui creuse avec son instrument toute l'épaisseur de la couche, de manière à ce que ses traits pénètrent jusqu'à la surface noircie du cuivre, et qui, sauf cette opération préalable, exécute son dessin de la manière accoutumée. L'artiste doit faire choix d'instruments capables d'entamer nettement la composition, car il est très-important que le trait qu'y trace l'instrument soit bien tranché, et que les bords de ce trait ne soient point rebroussés. On peut employer dans ce but avec succès, un simple crochet fixé à un manche en bois, ou un crochet limé sur un seul côté, ou bien encore un morceau de bois effilé à une de ses extrémités et se terminant en pointe. Ce sont là les instruments dont M. Palmer recommande l'emploi ; le premier de ces instruments, est celui qu'on doit préférer pour creuser les traits fins, le second sert à obtenir les traits plus gros, quant au dernier, il sert à exécuter les feuilles et quelques autres parties du dessin.

Quand ce dernier est terminé, on aperçoit des lignes noires aux endroits où la composition a été creusée, et qui se trouvent dans le même rapport avec le fond blanc qu'offre cette composition, que ces mêmes lignes se trouveront dans l'impression qui doit suivre avec le papier blanc. En sorte qu'un cachet tout particulier, et qui est propre à la découverte de M. Palmer, c'est la parfaite similitude qui existe entre le dessin et l'impression qu'on en obtient.

Plusieurs perfectionnements ont été apportés à ce procédé depuis que j'ai publié la première édition de ce livre ; ainsi on a creusé plus profondément les clairs, car le fond sur lequel le dessin est exécuté, étant nécessairement très-mince, les imprimeurs trouvaient difficile d'exécuter leur travail avec propreté ; pour obvier à cet inconvénient, voici ce qu'on fait aujourd'hui : On prend un rouleau formé de colle-forte et de mélasse, tel que celui dont se servent les imprimeurs pour noircir d'encre leur planche, puis on l'enduit d'une composition formée de gomme, de térébenthine, de litharge, d'oxyde rouge de plomb, puis on fait passer légèrement le rouleau sur la planche, en ayant soin que ce rouleau ne soit enduit d'abord que d'une très-légère couche de cette composition, afin qu'elle n'obstrue pas les traits du dessin. Dès que cette couche est sèche, ce qui arrive au bout de peu de temps si elle est mince, on répète la même manœuvre à plusieurs reprises, jusqu'à ce qu'on ait donné à l'œuvre une profondeur assez considérable.

La profondeur requise étant obtenue, on doit former de

larges éclaircies à l'aide de pinceaux trempés dans la même composition, laquelle contiendra cependant plus de litharge et de sulfate de plomb, ou de toute autre substance qui pourra aider à la dessiccation et qui ne soit pas susceptible d'être attaquée par la dissolution de cuivre dans laquelle la planche doit être plongée. Cette partie de l'opération est d'une haute importance, car sans cela, en imprimant le papier, il y aurait une pression exercée sur le fond de la partie destinée à représenter une partie éclairée, et l'effet serait détruit.



L'opérateur doit alors laisser durcir la composition, et à

l'aide d'une loupe, débarrasser les traits de tout ce qui peut les obstruer. Il doit aussi les frotter avec soin à l'aide d'une brosse et de la mine de plomb, et veiller à bien nettoyer les traits, sans cela la planche, quand elle est terminée, imprime mal, parce que les traits n'en sont pas bien tranchés.

La planche peut alors recevoir le dépôt de cuivre, et la puissance de la pile doit être réglée avec soin pour empêcher que ce dépôt ne se forme trop promptement; sans cela le cuivre pourrait s'étaler dans quelques points où les traits ne seraient pas complètement dessinés, ce qui causerait un désappointement à l'artiste qui ne trouverait pas une copie fidèle de son original.

Quand on a obtenu une couche de dépôt électrotypé d'une épaisseur suffisante, ce qui exige un temps variable suivant la grandeur de la planche, on sépare de l'original la planche qui vient de se former par le dépôt métallique et on prépare sa face postérieure de manière à ce qu'elle puisse recevoir une couche de métal à caractères, puis après avoir parfaitement aplani la face de la planche, on la retourne et on la fixe sur un bloc de bois semblable au stéréotype. On confie alors la planche à un artiste habitué à manier le burin, qui en retouche les différentes parties. On économise le temps en retouchant l'ensemble, et en faisant ensuite les petits changements de détail afin de donner du relief aux parties obscures. Ce moyen d'approfondir les traits à l'aide du rouleau est un grand progrès puisqu'il fournit à l'artiste un fond plus mince que celui qu'on obtenait auparavant. Mais plus tard M. Hawkins, qui exploite ce procédé a reconnu qu'on pouvait également former une planche en bois avec un fond ordinaire gravé à l'eau-forte, ce qui était vivement désiré par les graveurs à l'eau-forte; le fait est qu'aujourd'hui M. Hawkins réussit parfaitement bien à obtenir une planche en bois gravé, de toute espèce de planche gravée à l'eau-forte.

Un grand nombre de beaux échantillons ont été obtenus par ce procédé. Parmi ceux qu'on a le mieux réussis, se trouvent les impressions des étiquettes de bouteilles par Cruikshank; mais les objets auxquels ce procédé s'applique avec le plus de succès sont les cartes de l'écriture de toute espèce, qui n'ont point de rivaux sous le rapport du prix et de la qualité. MM. Chapman et Hall, qui sont éditeurs de ces productions, vont bientôt publier une série de cartes électro-glyphographiques à dix centimes pièce. Ces Messieurs ont également obtenu à l'aide de ce procédé des cahiers d'exemples (d'écritures) et des mandats de maisons de ban-

que fort bien exécutés. MM. Blackie père et fils, de Glascow, publient en ce moment un ouvrage important intitulé : *Gazette impériale*, dont les cartes exécutées par ce procédé, m'ont paru bien faites.

Telle est la description abrégée du procédé glyphographique, qui, quoiqu'il n'ait pas rapporté à l'auteur tous les bénéfices qu'il était en droit d'en attendre vu ses longs travaux et ses déboursés, est cependant généralement adopté aujourd'hui pour obtenir les résultats dont je viens d'entretenir le lecteur.

Il me reste à décrire une autre branche de l'art ; il s'agit du dessin électrique que je vais décrire en quelques mots : on prend une plaque de cuivre uni, sur laquelle l'artiste trace une figure à l'aide d'une substance insoluble dans la dissolution de sulfate de cuivre. On place ensuite la plaque dans la dissolution et on en obtient une copie, qu'on peut immédiatement livrer à l'imprimeur. On a publié un grand nombre de gravures obtenues à l'aide du dessin électrique qu'on pourrait nommer aussi *électro-tinta*; ces exemplaires sont plus ou moins bien exécutés, le meilleur spécimen que j'aie vu, est un petit portrait de Lance fait par lui-même. Cette impression plaît à la vue, et montre jusqu'à quel degré de perfection cet art pourra parvenir. Quelquefois le moule de l'*électro-tinta* sert à imprimer à l'aide des creux, et d'autres fois à l'aide des reliefs, ainsi dans un cas, il constitue une sorte de gravure sur acier, et dans d'autres on en obtient une surface semblable à celle d'une gravure sur bois. La première idée de l'*électro-tinta* fut publiée dans le *Magasin philosoph*, juin 1840.

272. Jusqu'ici j'ai traité des différents cas dans lesquels l'électro-métallurgie peut être appelée à rendre des services aux différentes branches de l'art d'imprimer, et les applications qu'on en a faites jusqu'ici sont si nombreuses, qu'il y a tout lieu de croire qu'il reste encore beaucoup à faire dans cette seule branche. A mon avis, le terme *Electrotypie* doit être borné à ces applications : en effet, quoique la valeur de ce mot ne puisse, dans ces cas, présenter rien d'équivoque, cependant, en l'employant pour désigner des opérations différentes, on courrait le risque de tomber dans la confusion. L'électrotypie n'est qu'une branche de l'électro-métallurgie ; mais son importance s'accroît par les services qu'elle peut rendre à nos manufactures; c'est même la première application qu'on ait faite en grand du fluide électrique pour les besoins des manufactures de la Grande-Bretagne.

CHAPITRE VI.

De la reproduction du daguerréotype.

273. Les journaux ont rendu compte de différents procédés imaginés pour reproduire l'image du daguerréotype sur le cuivre. Cependant, je crains qu'on ait exagéré l'importance de ces essais. Sur une des copies en cuivre que j'ai vues, l'image était peu distincte, et ne devint visible qu'après avoir été exposée aux rayons du soleil. La plaque originale ne conservait aucune trace de l'image, qui sur elle, ainsi que sur la copie, ne pouvait être vue qu'après avoir été exposée au soleil. On ne put pas faire revenir l'image sur la plaque originale, mais celle-ci n'ayant subi aucune altération, aurait pu servir encore. Le cuivre qui s'était déposé sur un grand nombre de plaques n'offrait pas la plus légère trace de l'image. Dans quelques cas cette dernière était plutôt transportée d'une plaque à une autre, que véritablement reproduite ; en un mot, il n'y avait pas là une reproduction de l'image, attendu que le dessin que représentaient des plaques d'argent fut reporté sur le cuivre réduit, tandis que les plaques d'argent restèrent polies et unies. Dans d'autres cas, la plaque originale conserva l'image, mais elle était à peine visible. La daguerréotypie a fait de grands progrès depuis quelques années. Les images à peine distinctes qu'on obtenait d'abord, ont fait place à des images vives et parfaitement apparentes. Ces dernières peuvent être obtenues très-promptement, et la copie en cuivre est égale pour l'exécution à l'original, quoiqu'il faille veiller avec soin à ce qu'elle ne subisse point l'action de l'air. Il me semble qu'on pourrait entreprendre avec profit la reproduction, sur une grande échelle, des plaques du daguerréotype, attendu que quand une fois on a obtenu un original bien fait on peut reproduire un nombre illimité de copies obtenues à l'aide du galvanisme.

L'électro-métallurgie peut venir en aide à la daguerréotypie, non-seulement comme pouvant servir à la reproduction de l'image, mais encore en permettant de fixer celle-ci, et de la rendre permanente, par la légère couche d'or qui s'y dépose, et qui lui donne une teinte toute particulière. Il serait peut-être avantageux de platiniser ou d'iridiser (couvrir

d'iridium) la plaque, ce qui donnerait à cette dernière un aspect noir ou blanc, suivant celui de ces deux métaux qu'on emploierait.

Quelques expérimentateurs ont reconnu que les plaques d'argent dont ils font usage, éprouvent une amélioration sensible quand on les recouvre d'une légère couche d'argent à l'aide du galvanisme, attendu que par cette opération on les rend plus impressionnables.

274. Le procédé pour reproduire le daguerréotype est semblable, à tous égards, à celui qu'on emploie pour obtenir les plaques unies. La couche d'air que nous avons signalée si souvent, ne doit pas être négligée quand il s'agit du daguerréotype.

M. Horne de Newgate-Street, qui est bien connu pour l'étude approfondie qu'il a faite de l'électrotypie et de la daguerréotypie, a bien voulu, sur ma demande, me faire connaître les meilleurs procédés modernes propres à la reproduction des daguerréotypes. M. Horne remarque que les images daguerriennes ont acquis une plus grande perfection, du moment qu'on a suivi les conseils de M. Fizeau, en fixant ces images à l'aide d'une faible dissolution de chlorure d'or et d'hyposulfite de soude. L'image, qui naguère pouvait à peine être distinguée, devint dès lors un dessin ferme et vigoureux, pouvant être copié avec facilité. Il faut, sans doute, prendre beaucoup de soins et de précautions pour empêcher la plaque de se ternir, il est donc nécessaire que le dépôt du métal se forme le plus promptement possible, et on ne doit, sous aucun prétexte, laisser séjourner la plaque dans la dissolution, en l'absence de toute action galvanique. La dissolution doit être parfaitement limpide et entièrement débarrassée de tous les corps étrangers qui pourraient se fixer à la surface de la plaque.

Pour obtenir un commencement de dépôt, on pourra se contenter de la simple cellule qu'on emploiera de la manière indiquée ci-après, mais dès que la plaque est revêtue d'une couche d'une épaisseur suffisante, alors on peut la retirer pour la plonger dans une dissolution acide, puis continuer d'obtenir une nouvelle quantité de dépôt à l'aide d'une pile.

On prend une dissolution saturée de sulfate de cuivre, on la filtre, comme nous l'avons précédemment indiqué, et on introduit un tube poreux contenant un acide convenable et de l'eau, dans un même vaisseau, puis on fixe à l'un des angles de la plaque daguerrienne un fil métallique qui le met en communication avec une plaque en zinc. Ce fil métallique doit offrir une vis à chacune de ses extrémités. Il

doit être assez long pour permettre de plonger en même temps le daguerréotype et le zinc dans leur dissolution respective; dès que cette immersion a lieu, l'action galvanique commence et le dépôt se forme sur la surface entière; de cette façon, la plaque ne saurait être attaquée par la dissolution.

On doit prendre garde de ne pas retirer cette plaque trop tôt de la dissolution, et s'il se forme des bulles d'air il faut les faire disparaître à l'aide d'un filet d'eau, qu'on fait couler quelques instants à sa surface.

Dès que l'épaisseur du dépôt est jugée suffisante, on doit séparer les plaques et le daguerréotype qui a servi de modèle doit être plongé dans l'eau claire, pour en faire disparaître toute trace de cuivre; puis on le fait sécher de la manière ordinaire, tandis qu'on a soin de protéger le dépôt de cuivre, autant que possible contre l'action de l'air.

Je pense que pour exécuter l'opération que je viens de décrire, le procédé par la batterie peut servir pendant toute la durée de cette opération pourvu qu'on obtienne de prime-abord une énergie de courant suffisante, en employant deux piles disposées en série.

Il est nécessaire d'appeler l'attention du lecteur sur ce fait, que, malgré la récompense généreuse que M. Daguerre a reçue de son pays, et bien que la France ait hautement vanté la générosité dont elle a fait preuve en livrant sa découverte aux autres nations, cependant un brevet a été pris en Angleterre, qui s'oppose à ce qu'on reproduise et qu'on débite le daguerréotype sans aucune autorisation spéciale de l'auteur! (1).

(1) La France, par l'organe de ses représentants, a accordé à M. Daguerre une rente de 6,000 fr. par an pour sa découverte; mais aucune convention ne lui a prescrit l'obligation de livrer gratuitement l'exploitation de son procédé aux nations étrangères. Les Anglais qui prennent des brevets pour la moindre découverte, et qui sont si jaloux de leurs droits, surtout quand il s'agit de leurs intérêts, ne devraient pas récriminer dans cette circonstance. On sait d'ailleurs que l'inventeur du calotype, M. Talbot, a eu bien soin d'abriter sa découverte sous l'égide d'une triple patente.

(Note du Traducteur.)

LIVRE VI.

DE LA GRAVURE GALVANIQUE.

275. Toutes les opérations dont nous nous sommes entretenus jusqu'ici sont produites au pôle négatif de la batterie, mais certains effets peuvent avoir également lieu au pôle positif, et l'on peut encore tirer parti de ces effets dans les arts. On se souvient que l'argent, l'or et tous les métaux qui ont plus d'affinité que lui pour l'oxygène sont dissous quand ils servent de pôle positif, dans une cellule qui contient une dissolution du même métal. Dans ce cas, la distance maintenue entre les pôles positif et négatif influe sur le degré de force de la dissolution qui se forme. On peut démontrer facilement ce fait, en fixant un fil métallique, par une de ses extrémités, à la plaque d'argent d'une batterie, et en plongeant l'autre extrémité dans une dissolution de sulfate de cuivre, au fond de laquelle on met un fragment de cuivre qu'on fait communiquer avec le zinc de la batterie; au bout d'un court espace de temps, le fil commencera à se dissoudre, à partir de sa portion la plus rapprochée du métal négatif; ce phénomène se continuera jusqu'à ce que le fil soit entièrement dissous, de telle sorte que la partie la plus rapprochée du pôle négatif s'effilera en pointe, et prendra la forme d'un cône sous l'influence des différents degrés de l'action qui se produit.

276. Quoique cette propriété ne présente aucune application utile, cependant je l'ai signalée afin de montrer la facilité avec laquelle le cuivre est dissous, exactement en proportion du courant électrique qui passe, particularité d'une grande importance pour les graveurs à l'eau-forte. Le mot gravure à l'eau-forte s'applique aux gravures où les traits ne sont pas

produits par le burin, mais sont obtenus par l'action d'un acide. Pour graver à l'eau-forte, on revêt une planche de cuivre d'une substance qui la protége en certains endroits contre l'action de l'acide où elle est plongée : cette substance se compose d'une couche d'asphalte et de cire, en proportions égales, qu'on mêle avec le quart de poix noire et de poix de Bourgogne ; ce mélange est mis dans un morceau de soie qu'on frotte sur la plaque de cuivre maintenue à une douce chaleur en la présentant au-dessus de la flamme d'une lampe ou sur un réchaud : c'est ce qu'on nomme *mettre la couche*. Cette couche est d'abord incolore, mais on la noircit en la tenant au-dessus de la flamme d'une chandelle, et on la chauffe jusqu'à ce qu'elle présente une quantité suffisante de fumée. Alors, le graveur, à l'aide d'un instrument en forme d'aiguille, exécute un dessin dont les traits entament la couche et laissent le métal à nu. Il met ensuite la plaque dans un vaisseau plat, et verse dessus de l'acide nitrique étendu, afin que cet acide attaque le métal jusqu'à une suffisante profondeur, dans les endroits où les traits du dessin ont été pratiqués. On ne doit pas laisser la plaque dans l'acide assez longtemps pour que ce dernier attaque trop profondément les traits, ce qui donnerait à la gravure une couleur noire uniforme : mais après l'avoir laissée séjourner quelque temps dans l'acide, on recouvre les parties qui doivent être légèrement ombrées, avec du noir de Brunswick, ou avec un vernis capable de résister à l'action de l'acide ; on replace alors la plaque dans l'acide étendu, et quelque temps après on l'en retire de nouveau pour recouvrir d'autres traits avec la même préparation ; on répète cette manœuvre aussi souvent que l'exige la différence d'ombres qu'on veut obtenir. Le degré d'habileté qu'un graveur peut atteindre par la pratique est vraiment extraordinaire, si l'on considère l'incertitude qui accompagne son travail ; car l'action de l'acide nitrique n'est point soumise à des lois régulières, et en outre n'est jamais identique sur tous les points de la même plaque ; ce qui est dû à ce que la plaque de cuivre n'est jamais pure, mais contient toujours un peu d'étain, dont les particules sont dispersées çà et là, et qui résistent à l'action de l'acide, en sorte qu'après avoir préparé une planche de prix, il reste souvent quelques-unes de ses parties sur lesquelles l'acide n'a pas mordu et qu'on est obligé de terminer avec le burin.

277. Les graveurs ne peuvent expliquer ces imperfections ; cependant la chimie démontre que l'acide nitrique attaque le cuivre pour former un nitrate de ce métal, qui se dissout dans le liquide, tandis que l'action de l'acide nitrique sur

l'étain est tout-à-fait différente; l'eau-forte transforme ce métal en peroxyde, qui, n'étant pas soluble, met le cuivre à l'abri de l'action de l'acide. Les graveurs en effet, ont depuis longtemps remarqué à la surface de la planche une poudre blanche qui n'est autre chose que du peroxyde d'étain, si fatal au succès de leurs travaux.

278. La galvano-gravure est accompagnée de beaucoup plus de certitude dans ses résultats que la méthode précédente, puisqu'elle peut être ramenée à des principes bien étudiés et bien connus. Le dessin est exécuté sur la planche, après l'avoir recouverte de la couche signalée plus haut; cela fait, la face postérieure et les bords de la plaque sont revêtus de cire, et on fait communiquer la plaque avec l'élément d'argent d'une ou deux de mes batteries, à l'aide d'un fil métallique.

J'ai dit dans la première édition de cet ouvrage, que la grandeur du pôle négatif en cuivre doit être égale à celle du pôle négatif, c'est-à-dire de la plaque gravée à l'eau-forte; mais des expériences ultérieures m'ont prouvé que pour obtenir des traits réguliers et nettement creusés, il doit y avoir le moins de parité possible entre les grandeurs des deux plaques : pour atteindre ce résultat, on doit préférer un fil métallique fin, qu'on maintient à une distance égale de chaque point de la plaque, quand on veut obtenir une profondeur égale des traits du dessin.

Le fragment de cuivre qui doit servir de pôle négatif doit alors être mis en communication avec le zinc, puis on plonge la plaque, et le fragment de cuivre dans la dissolution de ce métal; le cuivre de la dissolution se dépose alors immédiatement sur la plaque négative, et la plaque à graver se dissout dans les points où les traits ont été dessinés, afin de maintenir la force de la dissolution.

Toute circonstance favorable à l'augmentation du courant électrique accélère la dissolution de cuivre, et, au contraire, tout ce qui le diminue retarde cette dissolution; en sorte que plus on rapproche la plaque à graver, qui forme le pôle positif du fragment de cuivre qui forme le pôle négatif, et plus l'action est rapide : de même, l'intensité de la batterie influe sur la profondeur à laquelle les traits du dessin sont creusés. Cependant la plaque négative de cuivre ne doit pas excéder le volume de celle sur laquelle on exécute la gravure : sans cela, il serait à craindre que quelques traits fussent plus profondément creusés que d'autres; et de même aussi, s'il y a quelques parties de la planche où les traits soient moins nombreux que dans d'autres, elles devront être

abritées du contact de l'acide, avant les autres, à l'aide du vernis, afin d'obtenir de l'uniformité dans les creux ; ou bien, la plaque négative qui se trouve en regard des parties qu'on veut ménager doit être recourbée, de manière à en être plus éloignée (1).

279. Les avantages de la galvano-gravure sont : 1° l'absence des exhalaisons nitreuses qui se dégagent dans le procédé ordinaire ; 2° une plus grande uniformité d'action que quand on emploie les acides ; 3° la rapidité avec laquelle on peut obtenir des creux d'une grande perfection ; 4° on peut donner à ces creux n'importe quelle profondeur ; 5° les traits sont plus nets et mieux tracés que par le procédé ordinaire ; 6° et enfin aucune bulle de gaz ne se dégage, tandis que, par le procédé ordinaire, ces bulles endommagent la couche qui revêt le métal et produisent une inégalité d'action de l'acide sur le métal.

On peut apprécier la quantité de la plaque de cuivre qui s'est dissoute, en pesant le métal réduit qui est déposé sur la feuille de cuivre qui sert de pôle négatif, ou en mesurant la quantité d'hydrogène qui se dégage de la plaque d'argent de l'une des batteries d'argent platinisé ; car pour chaque 1m. 30 environ de gaz qui se dégage, il y a 1gr,60 de cuivre dissous.

La galvano-gravure peut s'exécuter avec le degré de promptitude qu'on désire, suivant la série de batteries avec laquelle la plaque est mise en communication ; mais je crois que le praticien reconnaîtra avec moi, que l'opération ne doit être dirigée ni trop vite ni trop lentement, et il est probable que 2 ou 3 batteries disposées en série seront jugées propres à atteindre ce but, quoiqu'on puisse se contenter d'un appareil à une seule cellule.

280. La galvano-gravure sera d'une haute utilité pour les artistes, à cause des gradations d'ombre qu'elle permet d'obtenir, comme dans le cas où on voudrait représenter un intérieur éclairé par une forte lumière. On peut s'en faire une idée à l'aide de l'expérience suivante : On prend une plaque de cuivre, et, après l'avoir recouverte de la préparation que j'ai déjà indiquée No 276, on y trace un certain nombre de lignes à l'aide d'une machine à tracer, puis la plaque est revêtue, sur sa face postérieure et sur ses bords, d'une sub-

(1) Plusieurs auteurs se sont occupés avec succès de la gravure galvanique ; nous citerons entre autres le procédé de gravure sur acier par voie galvanique, de M. Spencer, celui du professeur de Kobell, pour reproduire la gravure au lavis. On les trouvera plus loin à l'Appendice.

stance non conductrice ; on la fait communiquer avec l'argent de la batterie, et on réunit au zinc un fragment de cuivre de même dimension que la plaque à graver ; ces deux derniers métaux doivent être disposés dans la dissolution de sulfate de cuivre, de telle sorte qu'ils soient presque en contact par une de leurs extrémités, tandis que les deux autres extrémités se trouvent éloignées l'une de l'autre ; par cette disposition, une grande quantité d'électricité passera par l'extrémité de la plaque qui se trouve presque en contact avec le pôle négatif, tandis qu'une fort petite quantité de fluide électrique se dirigera à l'extrémité opposée : l'action qui a lieu sur la plaque à graver étant exactement proportionnelle à la quantité d'électricité produite, n'est point égale sur toute la longueur de la plaque, car elle est plus grande (l'action) dans les points où les plaques sont le plus rapprochées, que dans ceux où elles s'éloignent ; c'est là le procédé le plus parfait pour obtenir une gradation d'ombre. On peut le varier en employant comme pôle négatif un fil ou une verge en cuivre, qu'on place en regard du centre d'une plaque préparée ; dans ce cas, on obtiendra une gradation parfaite, qui s'étendra dans toutes les directions, à partir du centre, qui est d'une teinte noire foncée. On peut obtenir aussi de la même manière deux ou plusieurs ombres radiées, en employant deux fils négatifs, et même davantage. On pourrait également obtenir une dégradation insensible de teintes, dont la partie la plus obscure se trouverait vers les bords, et la partie la plus éclairée vers le centre de la planche : il suffirait, pour cela, de faire un trou dans la planche négative de cuivre, vis à-vis de la partie de la planche où la transition à la lumière doit être obtenue.

Le graveur de profession, qui joindra la pratique à la théorie dans l'emploi de la galvano-gravure, obtiendra les plus beaux résultats, il pourra exécuter, avec autant de certitude que de facilité, d'admirables gradations du clair à l'obscur. Les avantages que présente la galvano-gravure ne seront point bornés exclusivement aux artistes, car l'acide nitrique n'étant point employé dans le nouveau procédé, il n'y a pas d'exhalaisons de ce gaz nitreux, si nuisible à ceux qui le respirent ; cette circonstance pourra engager un grand nombre de personnes à s'en occuper. Ceux qui se livrent à l'étude des sciences pourront alors se procurer une gravure représentant des objets rares ou curieux qu'ils pourront échanger entre eux. Les voyageurs qui parcourent des contrées étrangères, ou qui traversent des sites pittoresques, pourront donner à leurs amis une idée de la beauté et du

grandiose des vues dont ils jouissent, et de l'aspect des villes et des villages qu'ils parcourent; il y aurait ainsi un échange réciproque de gravures, profitable à tous. Les descriptions qui frappent la vue sont incontestablement supérieures à celles qu'on trace par la parole ; chacun trouverait donc dans la galvano-gravure une ample carrière pour déployer utilement son habileté, car il n'est pas plus difficile d'obtenir une gravure à l'aide du galvanisme, que d'exécuter un dessin ordinaire au crayon, chose que beaucoup de gens auront peine à croire. Les dames peuvent facilement se livrer à cette occupation dans leurs salons, car la galvano-gravure ne cause pas plus d'embarras que leurs travaux habituels. Il serait alors nécessaire de faire mettre la couche sur la plaque par un ouvrier, qui appliquerait ensuite le mordant quand le dessin aurait été tracé : on avait objecté que l'acide pourrait endommager les meubles et les vêtements, mais cette objection n'existe plus, et je me plais à croire que cet art utile et amusant ne tardera pas à compter de nombreux partisans.

M. Grove a eu récemment l'idée d'appliquer la galvano-gravure, à la gravure des plaques daguerriennes, il se sert de la plaque d'argent comme pôle positif d'une auge, par la communication qu'il établit entre elle et la plaque négative d'une batterie, et il donne à la plaque d'argent la même dimension à peu près que celle du daguerréotype; mais je crois qu'il réussirait à obtenir des traits mieux creusés, s'il se conformait aux règles établies dans une partie de ce livre. On dit que ces planches quand elles sont imprimées, déploient un luxe extraordinaire de détails. Jusqu'à ce jour, je n'ai pu moi-même faire des expériences sur cette matière, mais il me semble que l'opération doit être dirigée d'après cette considération que le courant parcourt toujours la route la plus facile à l'exclusion du reste.

LIVRE VII.

DE LA GALVANO-GRAVURE PAR DISRUPTION (1).

Procédé et application pratique de la décharge disruptive à la gravure de l'acier, 281.

281. On sait que quand on met en contact les fils conducteurs d'une pile, on aperçoit une étincelle, et que des parcelles de ce fil qui communiquent avec l'élément argent, sont transportés sur le fil qui communique avec l'élément zinc. Le docteur Pring a le mérite d'avoir le premier utilisé ce phénomène dans le but de graver l'acier le plus dur. Ce confrère fixe la plaque qu'il veut graver dans un étau à main, semblable à celui dont se servent les horlogers; puis il la fait communiquer avec une spirale électro-magnétique, qui à son tour est mise en communication avec le zinc d'une demi douzaine de batteries d'argent platinisé de médiocre grandeur. Un autre fil qui est fixé à l'argent platinisé, va s'unir à un fil de platine ou d'or, qu'il est bon d'attacher à un manche; quand on met ce fil en contact avec la plaque d'acier, une partie de celle-ci se détache et se porte sur l'instrument qui sert à graver, et de cette manière on peut exécuter un dessin parfait sur l'acier le plus dur.

Si la plaque et l'instrument qui servent à graver sont fixés en sens contraire aux plaques de la batterie, alors c'est une partie du fil qui se détache, et on obtient ainsi un dessin dont les traits sont dorés ou platinés; ce résultat ne se manifeste bien que quand on se sert de l'acier le plus pur, et l'acier qui avoisine le dépôt se trouve brûlé et carbonisé.

Le procédé du docteur Pring est un fait scientifique curieux et plein d'intérêt, il est par rapport à l'art de nos jours, ce qu'étaient il y a quelques années, les premières copies de pièces de cuivre obtenues par le galvanisme. Il renferme, cependant, une application nouvelle, d'un fait scientifique, qui, étudié avec soin, pourra peut-être un jour être employé

(1) Disruption : du latin disrumpere, *rompre*, *briser*, *désunir*.
(Note du Traducteur.)

à la fabrication des coins, à d'autres branches de l'art, et à l'aide duquel on peut dès à présent obtenir de fort belles damasquinures sur des épées et des instruments en acier formés de l'acier de la meilleure trempe, damasquinures qu'il serait difficile d'obtenir par tout autre moyen.

La galvano-gravure par disruption diffère complètement de la gravure galvanique. Dans cette dernière, la force voltaïque vient en aide à l'affinité chimique, et le métal est dissous; dans la première au contraire, l'aggrégation des molécules joue un rôle, car elles se séparent du métal pour être lancées au loin. Dans l'un des cas, on agit en mettant en jeu l'affinité chimique ; dans l'autre, en détruisant la force de cohésion. Ce procédé fut soumis à la Société royale en 1846, mais grâce à la science profonde de cette association de savants, la plus vaste de l'Europe, grâce surtout à l'esprit de corps qui la caractérise, cette découverte resta plongée dans l'oubli, et comme l'inventeur habite la province ; sa découverte est restée peu connue jusqu'à ce jour. Les échantillons obtenus par ce procédé, que j'ai vus, sont magnifiques, et il paraît qu'on pourra en admirer un certain nombre lors de la prochaine exposition.

LIVRE VIII.

DE L'EXPLOSION VOLTAIQUE.

Moyen de faire sauter les navires et les rochers submergés, 282. — Horloges électriques, 283. — Usages abusifs de l'électricité, 284.

282. Il existe d'autres applications qu'on peut faire de la puissance galvanique, aux besoins de l'homme ; la plus remarquable de toutes, est l'emploi de cette puissance pour faire sauter la mine. Cette belle idée appartient à M. Martin Roberts ; quant à l'idée d'employer le galvanisme pour faire sauter des objets submergés, elle a été mise en pratique pour la première fois par le major général Pasley, qui est le premier, je crois, qui ait fait sauter un navire submergé. Tandis qu'il se livrait à des travaux sur la Tamise, il reçut une lettre de M. Palmer qui lui conseilla d'employer dans ce but une pile galvanique au lieu de la longue fusée dont on se servait d'habitude. Après avoir étudié la manière dont la pile pouvait être utilisée dans cette circonstance, il n'hésita pas à l'adopter, et il a pu depuis s'en servir d'une manière avantageuse, pour faire sauter le vaisseau le royal-George qui avait coulé bas. Il se servit d'abord de la pile de Daniell, mais lors d'une visite que je fis à cet officier, il l'avait abandonnée, et adopté une simple pile à acide sulfurique ; le capitaine Fisher, officier du port de la Tamise, a eu recours très-souvent à ce moyen pour faire sauter les navires submergés. Ce dernier s'en est également servi pour débarrasser le lit du fleuve, des barres de limon solidifié qui en gênent la navigation, et qu'on n'avait pu faire disparaître jusqu'alors. Je vais décrire avec détail la marche de l'opération telle que M. Fisher l'exécute, on pourra s'en servir comme d'un guide pour les autres opérations du même genre. Le baril qui contient la poudre est percé d'un trou par lequel on introduit un tube en cuivre *t*, (fig. 36) à l'extrémité supérieure

de ce tube est soudée une plaque qu'on fixe au baril par des clous en cuivre. On place un tampon dans le tube, dans lequel sont fixés deux fils en cuivre, et autour de l'extrémité de ces fils on enroule un petit fragment d'un fil fin de platine *p*, en sorte qu'un seul filament s'étend d'un fil à l'autre. On remplit de poudre fine le reste du tube dont l'extrémité inférieure est fermée par un bouchon de liége *c*; on rend ce tube inaccessible à l'eau en mettant une couche de goudron autour du cuivre. Pour maintenir le tube et les fils métalliques en place, on recourbe ces deux derniers, et on les cloue sur le baril; cela fait, on remplit le tube de poudre fulminante, qu'on introduit par une autre ouverture, et on rend celle-ci inaccessible à l'eau à l'aide d'un tampon de bois enduit de goudron. On descend ensuite le baril ainsi disposé dans l'eau, et on le place au fond du navire dans l'endroit qu'on juge le plus convenable. On prend ensuite une corde formée de deux fils métalliques recouverts de coton qu'on a soin de vernir, et qui s'entrelacent avec le chanvre dont la corde est composée, et on la fait descendre jusqu'au fond de la mer; les extrémités des deux fils métalliques qui communiquent avec le tube, s'unissent étroitement aux deux fils qui font partie de la corde. Il serait bon d'isoler les fils à l'aide d'une couche de gutta-percha, cette substance pouvant remplir admirablement ce but. Tout étant ainsi disposé, les extrémités des fils qui se prolongent au-delà de l'autre bout de la corde, sont mises en communication avec les deux extrémités d'une petite pile composée, à élements d'argent platinisé, dès que le contact a lieu, l'explosion se fait.

On met aussi à contribution aujourd'hui la puissance galvanique, pour la télégraphie et d'autres usages, dont j'entretiendrais le lecteur s'ils ne devaient pas donner trop d'étendue à ce livre. Si j'ai parlé de l'explosion voltaïque, c'est parce qu'on a fait beaucoup de recherches sur cette matière, et parce qu'on y trouve plus de sécurité pour ceux qui la pratiquent, que lorsqu'on a recours aux moyens ordinaires de faire sauter la mine. L'avantage que présente l'explosion voltaïque, c'est que la déflagration se fait au moment voulu, et qu'elle est instantanée; tandis que par la méthode ancienne, elle a lieu plus tard qu'on ne s'y attendait; et souvent au moment où le mineur s'approche pour chercher la cause de ce retard, il en résulte pour lui d'horribles mutilations, et même la mort. La substitution du procédé nouveau à l'ancien devrait être impérieusement exigée. Il ne faudrait, en effet, que quelques piles pour exécuter les opérations les

plus vastes; en outre, l'immersion dans le liquide ne dure qu'une minute pour chaque explosion; l'acide employé n'a besoin d'être renouvelé qu'une fois par mois, et il n'en résulterait qu'une légère perte de zinc. On pourrait placer la pile dans un lieu sûr, et le mineur n'aurait qu'à transporter la corde à l'endroit où cette pile serait placée.

Lorsque sir Harry Smith voulut frapper d'étonnement les populations sauvages de l'Afrique, il disposa tout ce qui était nécessaire pour produire une explosion voltaïque, et leur dit que, comme preuve de sa puissance, il allait, par le seul effet de sa volonté, faire sauter un grand charriot; le signal fut donné par lui, le circuit fut complété, et, au grand étonnement de ces sauvages, ce charriot vola en mille éclats.

283. On est parvenu à faire marcher les horloges à l'aide du fluide électrique. MM. Shepherd, de Leadenhall-Street, ont construit des horloges électriques que quatre ou cinq de mes batteries font mouvoir, et qui ont fixé l'attention du monde scientifique. Ces mécaniciens habiles ont aussi construit une très-belle horloge électrique pour le Palais-de-Cristal, et qui sera un objet plein d'intérêt pour les étrangers.

284. Outre les applications utiles qu'on peut faire de l'électricité, on pourrait encore s'en servir pour produire des effets magiques. Les apparitions produites par l'intermédiaire du fluide électrique auraient des résultats merveilleux, si elles avaient lieu dans un endroit isolé, et que la victime fût une femme peu intelligente ou un jeune homme imbu de dogmes théologiques. Pourtant, je suis convaincu qu'aucun physicien ne consentirait à se prêter à de telles manœuvres, mais chercherait plutôt à dissiper les ténèbres, à l'aide des lumières que nous fournit la science.

CONCLUSION.

Jusqu'ici, j'ai examiné sommairement, non-seulement les propriétés des corps qu'on nomme galvaniques, mais encore les effets que produisent les batteries galvaniques dans leurs rapports avec l'électro-métallurgie. Cette science, en effet, est essentiellement fondée sur le galvanisme, et l'appareil à précipiter employé n'est autre chose que la cellule d'une pile. Quant aux lois qui président à la formation du dépôt métallique, et quant aux métaux qui peuvent être réduits sous l'influence du courant, je dois dire que tout cela est le résultat de mes recherches. On comprendra l'importance de ces lois pour l'expérimentateur, quand on saura que leur

connaissance lui permet de procéder avec certitude. La raison qui m'a fait consacrer tant de travail et de méditations pour découvrir ces lois, a eu sa source dans la conviction où j'étais que l'électrotypie serait tombée, si l'expérimentateur n'avait point eu pour guides des principes fixes et arrêtés. Les hommes adonnés aux travaux de l'électro-métallurgie apprécieront, j'aime à le croire, l'utilité que présente l'extension apportée aux faits isolés déjà connus, et qui en fait une véritable science.

On ne saurait prévoir l'influence que cette nouvelle science exercera sur les arts, les manufactures et le commerce. L'emploi général du galvanisme dans les manufactures exige des encouragements, et les perfectionnements apportés à l'électro-métallurgie ne doivent pas être enchaînés par des brevets, si on veut favoriser sa propagation, car il est nécessaire que, dans cette œuvre commune, chacun apporte son tribut d'investigations et de découvertes, pour que cette science arrive à des résultats certains et durables.

La reproduction des planches de cuivre en rendra le débit plus considérable qu'il n'a été jusqu'ici, et l'industrie des graveurs, loin d'en souffrir, en deviendra plus prospère, car on aura plus souvent recours à leurs talents pour exécuter des ouvrages de prix. Ces ouvrages pouvant être reproduits à l'infini, les éditeurs trouveront dans un vaste débit une compensation au prix élevé dont ils paieront un original qu'ils jugeront digne de fixer l'attention du public. En outre, les éditeurs pourront abaisser le prix des gravures représentant les plus beaux chefs-d'œuvre de l'art, de manière à les mettre à la portée de toutes les fortunes. Il est incontestable que celui qui exploiterait une entreprise fondée sur des principes aussi larges, amasserait une grande fortune, et rendrait un immense service à la société.

La reproduction de ces plaques est d'une importance encore plus grande pour les fabricants de poterie, qui pourront perfectionner les dessins de nos faïences; alors les étrangers seront jaloux de ces produits de notre pays, qu'ils regardent déjà d'un œil envieux.

Les imprimeurs sur étoffes pourront employer désormais dans leur préparation des gravures plus parfaites.

Cette science trouve des applications beaucoup plus nombreuses que celles que j'ai signalées; ainsi elle fournit les moyens de souder le cuivre au cuivre, et de se livrer à d'autres opérations analogues, qui ne pourraient être faites par aucun procédé connu : comme la possibilité de séparer un métal de son minerai et d'un autre métal auquel il est uni.

Quelques-unes des applications de l'électro-métallurgie pourront paraître de peu d'importance aux yeux de quelques personnes, attendu qu'elles ne sont mises à contribution que pour se procurer des objets d'ornements propres à flatter les yeux, mais qu'on n'oublie pas que si les gens du monde se livrent à la fabrication de ces bagatelles, ils pourront contribuer à éclairer les effets d'un des agents les plus universels et les plus importants de la nature; et que si les manufacturiers s'occupent à ce genre de travaux, l'emploi des piles deviendra général, ces dernières étant appelées à occuper un rang éminent dans les manufactures.

Il est vrai que l'électro-métallurgie offre de grandes ressources à la fraude, car les faussaires peuvent, en faisant usage de cette méthode, copier avec une scrupuleuse exactitude les timbres et toutes les surfaces en relief; en conséquence, on ne doit faire usage d'aucun travail en relief qui puisse faire craindre la contrefaçon; car, à l'aide de l'électro-métallurgie, les cachets et les planches en cuivre peuvent être copiés lors même qu'ils ne resteraient que quelques instants entre les mains du contrefacteur. Elle fournit aussi au faux-monnayeur les moyens de perfectionner sa coupable industrie. Je signale ces faits pour mettre les honnêtes gens en garde contre les entreprises de ces misérables.

Cependant la science ne doit pas être entravée dans sa marche, parce que quelques-unes de ses applications peuvent être faites d'une manière criminelle. On doit d'ailleurs se souvenir que les objets imités par l'électro-métallurgiste peuvent l'être également par les procédés connus. Notre compatriote, l'illustre Wollaston, disait souvent que : « L'homme peut copier tout ce qu'il exécute. » Il serait donc absurde, en effet, de prétendre que telle ou telle œuvre ne saurait être imitée.

L'importance de l'électro-métallurgie pour les arts et les manufactures ne peut être contestée, même dans l'état actuel de cette science. On ne peut désormais élever de doutes sur les applications pratiques de cette science, car j'ai longuement énuméré les résultats qu'on peut en tirer; j'ai donné, en outre, d'amples descriptions des différents procédés qu'on doit suivre pour obtenir, avec certitude, tels ou tels effets; enfin, j'ai coordonné les faits de manière à en former un corps de doctrine; et, en signalant les lois qui président aux opérations électro-métallurgiques, j'en ai formé une science vaste et intelligible. On peut se demander jusqu'à quelle limite cette science est susceptible d'être portée, et quelles seront, dans l'avenir, ses autres applications; mais, ne dût-elle se recommander que par celles que j'ai signalées,

dût-elle enfin s'arrêter au point où elle se trouve aujourd'hui, ce serait déjà une conquête de la plus haute importance; en un mot, on peut dire hardiment qu'aucune autre découverte n'a présenté des applications tout à la fois si nombreuses, si importantes, et d'un si grand intérêt.

Cette science, nous l'avons dit, repose entièrement sur l'électricité, et parmi les résultats qui, il faut l'espérer, en découleront d'une manière indirecte, on peut citer l'étude de l'électricité en général, puissance gigantesque que nous connaissons d'une manière incomplète, et qui, d'après le peu que nous en savons, joue un rôle si important dans la nature; car, quoique nous apercevions les effets de ce fluide dans la foudre, et que nous contemplions avec étonnement et effroi sa force dévastatrice, cependant, que savons-nous aujourd'hui des effets qu'il produit autour de nous en agissant sans cesse et silencieusement?

La science des phénomènes électriques est une des preuves les plus sublimes de la puissance de l'intelligence humaine; par elle, l'homme a soumis à son joug un agent capable de produire des effets terribles. « *Nil mortalibus arduum est.* » Rien n'est difficile à l'homme, dit Horace en parlant de Prométhée, qui, d'après la fable, déroba le feu du ciel. La science moderne a justifié maintes fois la sentence du poète latin, qui ne prévoyait probablement pas, quand il écrivit ce passage, que la fable de Prométhée se réaliserait un jour.

Nous recommandons particulièrement aux jeunes chimistes l'étude de cette science, qui les récompensera amplement de leurs travaux, s'ils s'y livrent d'une manière systématique; car les fruits de ces travaux seront durables, et leur causeront plus tard une véritable jouissance; tandis que la chimie, dont on ne s'occupe souvent que comme moyen de délassement, produit des résultats bien différents. Les expériences auxquelles on se livre alors ne tendent et n'aboutissent qu'au plaisir du moment. Elles ne font que confirmer des faits vérifiés mille fois déjà de la même manière; on en choisit ordinairement quelques-unes qu'on répète souvent, parce qu'elles présentent certaines particularités qui sont propres à exciter l'étonnement des spectateurs, et à donner une haute opinion de la science de l'expérimentateur. En agissant ainsi, ce qui n'est que trop ordinaire, la manipulation ne produit aucun fruit; l'expérimentateur n'augmente pas la somme de ses connaissances; et, pour prix de son travail et de ses déboursés, il ne retire que quelques résidus, et il est souvent dans l'obligation de réparer les avaries que

ses ustensiles ont éprouvées, réparation qui n'est pas toujours facile. Je n'hésite pas à dire que l'électro-métallurgie procurera une plus grande somme de jouissances, non-seulement comme travail scientifique, mais encore dans les résultats qui en découleront.

Pour conclure, je ne saurais trop rappeler au lecteur l'avantage qu'il trouvera à se bien pénétrer des principes sur lesquels est fondée l'électro-métallurgie, et des lois qui en régissent les opérations. En se hâtant, de prime-abord, de mettre les différents procédés à exécution, sans connaître ces principes et ces lois, on n'aura que des insuccès et leurs conséquences naturelles, c'est-à-dire le dégoût et le désappointement. En effet, employer un procédé sans en connaître *le pourquoi*, c'est s'exposer à agir maladroitement, et à gâter son ouvrage, en sorte qu'une expérience succède à une autre, et que l'on tombe d'insuccès en insuccès. On épuise en vain ses matériaux, et l'élève, s'il est permis de lui donner ce nom, abandonne avec dégoût l'étude d'une science qui lui a procuré si peu d'agrément, et il attribue l'incertitude de ses résultats à toute autre cause qu'à sa paresse et à son ignorance. Si, au contraire, il procède avec méthode et avec logique, en s'initiant à la nature et au *modus operandi*, ou manière d'agir, des substances qu'il doit mettre en œuvre, il est impossible qu'il échoue. En se livrant à cette étude préparatoire, toutes les particularités qui se présenteront pourront être ramenées à leur véritable source, et le remède pourra être opposé immédiatement au mal. Ceux qui ne savent pas ce que sont les appareils électriques et galvaniques, éprouveront quelques difficultés en commençant l'étude qui nous occupe ; mais s'il procèdent d'abord d'après une sage méthode, les premiers obstacles qu'ils rencontreront seront les derniers. Qu'ils se souviennent que sans quelque peine, on n'a jamais rien accompli de bien !

Avant peu le fluide galvanique sera probablement aussi important pour les manufactures, que la chaleur des fourneaux. Aujourd'hui, les portes des appartements sont ornées de plaques de métal richement exécutées à l'aide du galvanisme. On peut suspendre aux murs des gravures obtenues à l'aide de planches gravées par le même agent, et reproduites aussi par lui. Les chambranles des cheminées peuvent être garnis d'ornements obtenus de la même manière. Les assiettes peuvent être ornées de gravures exécutées à l'aide de plaques électrotypiques, et les cuillères dorées par le fluide galvanique. Dès à présent, on peut jouir de toutes ces applications et de beaucoup d'autres encore ; mais

on doit surtout s'occuper des propriétés les plus importantes du fluide galvanique obtenu à l'aide de la pile ; car, quoique les conquêtes de la science qui sont signalées dans le cours de cet ouvrage, soient belles et glorieuses, cependant l'espoir d'obtenir une puissance qui surpassera la vapeur, l'emporte sur toutes ces applications : lorsqu'on aura réussi à traverser les mers, à parcourir les routes et à fabriquer les machines à l'aide du galvanisme, ou plutôt de l'électro-magnétisme, on sera parvenu au plus beau résultat qu'il soit donné à l'homme d'atteindre.

APPENDICE.

Depuis l'apparition en Angleterre de l'ouvrage de M. Smee, et depuis la première publication de la traduction que nous en avons donnée en 1843, l'électro-métallurgie n'est pas demeurée stationnaire : elle s'est enrichie successivement de nouveaux faits, et chaque jour ses applications s'étendent à de nouvelles branches d'industrie. Pour tenir nos lecteurs au courant des progrès de la science, nous avons compulsé avec soin tous les recueils scientifiques étrangers ou français, particulièrement *le Technologiste* (1), et nous en avons extrait tous les documents qui nous ont paru présenter le plus d'intérêt. Nous les publions dans cet Appendice qui servira de complément au manuel de M. Smee.

Cet Appendice est divisé en deux parties : la première contient tout ce qui se rattache à la théorie de l'électro-métallurgie, aux piles galvaniques, aux différentes manières d'opérer ; la seconde est consacrée aux applications industrielles du nouvel art, telles que la dorure, l'argenture, la gravure, et l'application des couleurs métalliques, cette admirable découverte que l'on doit aux travaux persévérants de M. Becquerel.

(1) Le *Technologiste*, ou *Archives des progrès de l'Industrie française et étrangère*, publié par une société de savants et de praticiens, sous la direction de M. Malepeyre. Ouvrage utile aux manufacturiers, aux fabricants, aux chefs d'ateliers, aux ingénieurs, aux mécaniciens, aux artistes, etc., etc., et à toutes les personnes qui s'occupent d'arts industriels. Prix 18 fr. par an pour Paris, et 21 fr. pour la province. — Chaque mois il paraît un cahier de 48 pages in-8, grand format, renfermant des figures en grand nombre, gravées sur bois et sur acier. Paris, à la *Librairie Encyclopédique de Roret*, rue Hautefeuille, 12.

PREMIÈRE PARTIE.

Divers appareils électro-métallurgiques ; — Moyens de les construire et de les faire fonctionner. — Procédés pour obtenir des moules et pour les rendre conducteurs.— Soudures.— Décapage. — Bronzage.— Bains métalliques. — Procédés divers.

CHAPITRE PREMIER.

Des différentes piles galvaniques.

Depuis la découverte de la galvanoplastie un grand nombre d'appareils ont été inventés pour la réduction des métaux; il faudrait un volume entier pour décrire toutes les modifications, toutes les dispositions plus ou moins ingénieuses, que chaque expérimentateur a apportées, suivant ses idées, ses besoins ou ses caprices, aux piles galvaniques. Toutefois, malgré les formes si nombreuses et si variées de ces appareils, ils peuvent tous être classés sous deux grandes divisions : appareils simples, ou procédé immédiat, et appareils composés, ou procédé médiat.

La plupart de ceux qui appartiennent à la première catégorie sont établis sur le même principe que la pile de Daniell; quant aux appareils composés, on en retrouve l'idée primitive dans l'une des piles de Daniell, de Grove ou de Smee.

Nous décrirons successivement les principaux appareils simples et composés; nous entrerons dans quelques détails sur la manière de les construire soi-même, et nous indiquerons les usages auxquels certains de ces appareils nous paraissent plus spécialement appropriés.

ARTICLE Ier.

APPAREILS SIMPLES OU A EFFETS DIRECTS.

Dans ces appareils, le courant galvanique est transmis directement du zinc au modèle qu'il s'agit de recouvrir : ils se composent d'un seul couple voltaïque dont le moule, qui est l'é-

lément négatif, plonge dans la dissolution du métal à réduire, tandis que l'élément positif, qui est une lame de zinc amalgamé ou non amalgamé, plonge dans un diaphragme de nature poreuse, rempli d'eau acidulée. Ce diaphragme est placé lui-même dans la solution métallique dont il empêche le mélange avec le liquide excitant, et la communication entre les deux pôles est établie au moyen d'un simple fil métallique en contact avec chacun des éléments de la pile.

C'est sur ces principes que sont établis les différents appareils simples que nous allons passer en revue; leur construction ne présentera aucune difficulté, et ils devront être préférés toutes les fois qu'il s'agira de revêtir des objets d'une couche peu épaisse de métal réduit, parce que, dans ces cas, l'opération n'a pas besoin d'être aussi prompte ni aussi prolongée. C'est encore avec ces appareils que les commençants devront faire leurs premiers essais de réduction des métaux.

Toutefois nous devons signaler les inconvénients attachés à l'emploi des appareils à effet direct.

On reproche aux piles simples la lenteur de leur action, mais il sera facile de remédier, jusqu'à un certain point, à ce défaut, en employant des diaphragmes très-poreux (*voir* au chap. des *Diaphragmes*) et en élevant la température de la solution métallique sur laquelle on opère. En second lieu, les appareils à simple cellule sont sujets à un affaiblissement graduel du courant galvanique; leur action, vive au premier abord, diminue progressivement d'intensité, et finit par être à peu près nulle en très-peu de temps. Cet effet tient à deux causes : l'eau acidulée que l'on emploie pour charger la pile, perd à chaque instant de son énergie, à mesure qu'elle agit sur le zinc, et le zinc, de son côté, se recouvre d'une couche épaisse d'oxyde qui le rend de plus en plus inattaquable au liquide excitant. Il sera donc nécessaire de ranimer de temps en temps la force de l'eau acidulée, en versant quelques gouttes de nouvel acide dans le diaphragme, et la surface du zinc devra être souvent débarrassée, au moyen d'une brosse un peu rude, de l'oxyde brun qui la recouvre. On pourrait aussi amalgamer le zinc, mais alors la pile perdrait un peu de son énergie.

Un autre défaut des piles simples est la difficulté de maintenir toujours au même degré de saturation la solution métallique qui s'appauvrit peu à peu en métal à mesure que celui-ci se réduit. On n'a pas ici, comme dans les appareils composés, la ressource d'un anode soluble qui, en se dissolvant, remplace dans le bain le métal réduit. Il faut alors avoir recours à de petits sachets de mousseline remplis de

cristaux du sel métallique sur lequel on opère, et qu'on tient suspendus à la partie supérieure de la dissolution ; on peut encore y faire plonger l'extrémité à jour d'une petite trémie en verre ou en bois que l'on remplit des mêmes cristaux.

On a signalé dans l'emploi des piles simples, un dernier inconvénient beaucoup plus grave, en ce qu'il n'est pas possible d'y remédier, puisqu'il tient à la construction même de ces sortes d'appareils. Nous avons dit que pour donner aux piles simples une certaine énergie d'action, il était nécessaire d'employer des diaphragmes très-poreux. Or, cette extrême porosité facilite l'endosmose ou mélange des deux liquides de la pile ; la solution métallique traversant les parois du diaphragme pour aller se réduire sur le zinc, celui-ci se recouvre peu à peu d'une couche métallique et devient tout-à-fait inactif ; d'autres fois le métal se réduit sur les parois du diaphragme lui-même, et il en résulte une grande perte causée par la réduction inutile d'un métal souvent précieux. Cet effet est surtout sensible lorsqu'on emploie des diaphragmes en baudruche ou en vessie. Nous verrons plus loin l'expédient proposé par M. Becquerel pour parer à cet inconvénient ; mais ce moyen est malheureusement insuffisant, puisqu'on ne peut y recourir sans ôter à la pile une portion de son énergie.

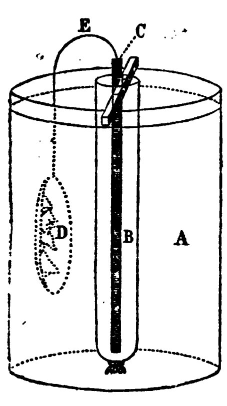
§ 1er. APPAREIL TRÈS-SIMPLE DE M. SOLLY.

Un des appareils les plus simples que l'on puisse employer est représenté dans la figure ci-dessous.

Cette pile a été attribuée tour à tour à MM. Spencer et Solly, mais, selon nous, l'idée primitive de sa construction appartient à M. Aug. De la Rive. C'est en effet avec un appareil semblable que le savant professeur de Genève a fait ses premiers essais de dorure galvanique, qui, comme on sait, remontent aux premiers temps de la découverte de l'électro-métallurgie.

A est un vase en verre ou en porcelaine, contenant une solution saturée de sulfate de cuivre ; B est un diaphragme en boyau de mouton ou autre membrane dont on forme une espèce de sac en le liant par le bas avec un fil ciré ou une corde à boyau. Ce diaphragme pourrait également être fait en plâtre, en terre poreuse, ou même avec un simple verre à quinquet dont on fermerait une des extrémités avec une membrane de vessie, de parchemin ou de baudruche, assujettie par quelques tours d'un fil ciré. Quelle que soit, au reste, la matière adoptée pour construire ce tube, on le maintiendra plongé vertica-

lement dans la solution de cuivre, au moyen d'une petite traverse de bois dont les extrémités reposent sur les bords du vase A. Ce diaphragme sera rempli d'acide sulfurique étendu d'environ 12 fois son poids d'eau, et l'on y plongera la lame de zinc amalgamé C, également assujettie à la traverse de bois de manière à ce qu'elle ne touche pas au fond du tube. D est le moule ou modèle qu'il s'agit de recouvrir. E est un fil de cuivre qui sert à communiquer le courant galvanique; il est soudé par un de ses bouts, au point C, à la lame de zinc; l'autre extrémité est fixée par un moyen quelconque au modèle D. On aura soin que ce fil conducteur soit en contact, au moins par un de ses points, avec la superficie du modèle à recouvrir.



On peut souder plusieurs fils conducteurs à la lame de zinc, et fixer un moule à chacun de ces fils, mais en ayant soin que la surface de ces moules ne soit pas hors de proportion avec celle du zinc et avec la force de la pile. Il faut éviter aussi de tomber dans l'excès contraire, car si la lame de zinc présentait une trop grande superficie, la réduction aurait lieu d'une manière irrégulière, et le dépôt serait cassant et d'une nature cristalline. (*Voir* M. Smee, Nos 150 à 160.)

La construction de cette pile n'offre aucune difficulté, et il suffira de jeter un coup-d'œil sur la figure pour s'en rendre compte. Ce n'est en effet qu'une véritable pile de Daniell, dans laquelle le fil conducteur et le modèle jouent le rôle de pôle négatif. L'extrême simplicité de cet appareil doit le faire adopter par les commençants pour leurs premiers essais et pour des expériences de courte durée, car il est plus que tout autre soumis aux inconvénients que nous avons signalés plus haut.

§ 2. PILE SIMPLE DE M. BECQUEREL.

M. Becquerel, dont les savants et consciencieux travaux ont précédé et semblent même avoir préparé depuis longtemps la découverte de la galvanoplastie, a donné, dans ses *Eléments d'Electro-Chimie* (Firmin Didot, Paris, 1843), la description d'un appareil fort simple, dont il se sert surtout

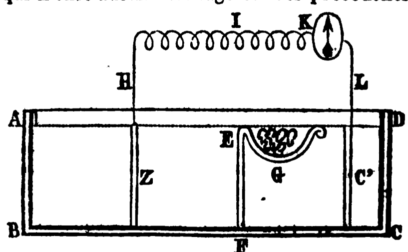
pour dorer. Nous allons faire connaître cette pile, aussi simple qu'ingénieuse dans sa construction.

On prend un sac de toile à voiles que l'on remplit à moitié ou aux deux tiers, d'une pâte demi-liquide de kaolin ou d'argile ordinaire, privée de calcaire. On introduit dans ce sac un diaphragme à minces parois en porcelaine dégourdie, de manière à ce qu'il se trouve de toutes parts environné d'une couche d'argile de 1 à 2 centimètres. Il faut éviter que l'argile ne dépasse le bord supérieur du diaphragme. C'est dans ce tube que l'on verse la solution d'or ou de tout autre métal qu'on veut réduire. On y plonge également l'objet à dorer ou à recouvrir de métal. A cet objet est fixé un fil métallique conducteur dont l'autre extrémité est soudée à une virole de zinc qui entoure le sac de toile à voile à une distance de 2 à 3 centimètres. Ces dispositions faites, on plonge le tout dans un vase cylindrique de verre ou de faïence, rempli d'eau salée ou acidulée. Le courant galvanique s'établit immédiatement, et la réduction du métal s'opère au même instant.

Ainsi qu'on vient de le voir, cette pile se rapproche beaucoup, par sa construction, de celle qui a été décrite au paragraphe précédent, mais elle en diffère sous un point essentiel. La couche d'argile qui revêt le diaphragme s'oppose pendant très-longtemps à l'endosmose; la pile peut donc fonctionner pendant une plus longue durée, ce qui la rend bien préférable à la précédente.

§ 3. APPAREIL DE M. JACOBI.

Nous nous bornerons à une courte description de cet appareil, qui n'offre aucun avantage sur les précédents.



ABCD est une cuve en bois enduite à l'intérieur du ciment indiqué N° 119, *page* 104. EF, cloison de terre cuite poreuse; Z, plaque de zinc, plongeant dans l'acide sulfurique étendu d'eau; C', modèle que l'on veut recouvrir de cuivre

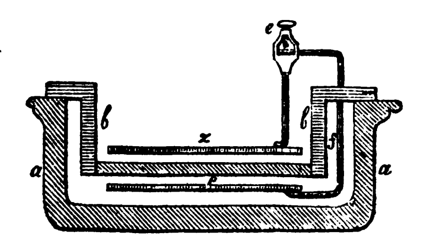
ou autre métal. G, petit crible ou trémie, contenant des cristaux de sulfate de cuivre destinés à maintenir la saturation de la solution métallique contenue dans la case G. H I K L, fil conjonctif ou conducteur qui traverse le galvanomètre K. (*Voir*, pour la construction des galvanomètres, M. Smee, Nos 68 à 70.)

§ 4. APPAREIL DE M. SPENCER.

L'appareil de M. Spencer, que l'on a essayé de vendre à Paris sous le nom d'*électrotype breveté*, est assez commode lorsqu'on veut revêtir des objets d'une couche mince de cuivre, par exemple, pour métalliser des médailles, bas-reliefs, etc. Néanmoins, on a beaucoup trop vanté la prétendue supériorité de cet appareil, qui est sujet à tous les défauts des appareils simples : inconstance du courant, affaiblissement progressif de l'action, endosmose rapide, appauvrissement de la solution métallique. Nous verrons en outre que, par suite d'un vice de construction particulier à cette pile, on est obligé de plonger l'objet dans la solution métallique avant que le courant ne soit établi. Le même inconvénient se représente lorsqu'on veut retirer le moule de la solution pour consulter la marche de l'opération, ou pour toute autre cause. Ce défaut est très-grave, et peut entraîner la perte du modèle, surtout lorsque la solution est de nature à agir sur lui.

Ce n'est pas tout encore ; la forme bizarre des différents vases qui entrent dans la construction de cette pile, les rend très-difficiles à remplacer lorsque, par accident, ils viennent à être brisés. Par la même raison, il est impossible qu'un amateur puisse songer à entreprendre la construction d'un semblable appareil ; nous ne sommes donc pas surpris que cette disposition ait été adoptée, vantée et exploitée par les gens à brevets.

Quoi qu'il en soit, voici une description de cette pile, qui en donnera une idée suffisante :



a est un vase en terre cuite ou en verre, contenant une solution saturée de sulfate de cuivre; *b* un autre vase de même matière avec un fond de plâtre, de terre poreuse, ou de vessie, qui renferme le liquide excitant; *p* est le modèle sur lequel on veut déposer le métal, il porte un fil de cuivre *f* qui le met en communication avec l'étrier et la vis *e* soudés eux-mêmes à la plaque de zinc *z* qui plonge dans la solution acide ou saline du vase *b*.

§ 5. APPAREIL DU DOCTEUR FAU.

Le docteur Fau, dans son excellent traité de galvanoplastie, a décrit un appareil de son invention, dont il se sert surtout pour métalliser des statuettes; cet appareil nous paraît réunir toutes les qualités que peuvent désirer les amateurs, et la construction en est si facile, que chacun pourra l'exécuter lui-même. Nous croyons donc faire un véritable plaisir à nos lecteurs en leur donnant la description de cette pile d'après l'auteur lui-même.

« A A, vase circulaire de porcelaine, de verre ou de bois, revêtu du mastic dont j'ai donné la composition (1). DD, diaphragme en toile à voiles, de même forme que le vase, mais d'un moindre diamètre, Z Z, anneau de zinc, auquel est soudé un fil ou un ruban de cuivre G. C, plate-forme de cuivre supportant la statuette et communiquant avec le zinc, au moyen du conducteur F et de la pince de pression B. E, sachet contenant des cristaux de sulfate de cuivre et plongé dans la solution cuivreuse.



« Lorsqu'on veut faire usage de cet appareil, on place le diaphragme, contenant une solution saturée de sulfate de cuivre, dans le vase de verre; on verse dans ce dernier assez d'eau salée pour que les deux liquides soient au même niveau. On réunit alors le support de la statuette au conducteur du zinc, à l'aide de la pince de pression B, et on met le tout dans l'appareil, de manière que le zinc plonge dans l'eau salée, et la statuette dans le sulfate de cuivre; enfin, on place à la partie supérieure de ce dernier liquide, le petit sachet que l'on accroche au bord du vase extérieur.

(1) Voyez page 105, la composition de cet enduit.

« Entre le diaphragme D et le vase A, doit exister un intervalle circulaire de 0m.02. Le zinc, placé dans cet intervalle, ne doit pas toucher le diaphragme dont il est également distant dans tous les points de sa circonférence. Le diaphragme est proportionné aux dimensions de la statuette. La surface du zinc sera au moins égale à celle de l'objet qu'on veut recouvrir de cuivre; enfin, lorsque l'appareil sera monté, la statuette devra se trouver placée exactement au centre de l'anneau de zinc, et ne pas être trop éloignée des parois du diaphragme.

« Les amateurs sont souvent embarrassés pour monter les statuettes sur le conducteur; voici le moyen que j'emploie, et qui me paraît préférable à tous les autres :

« Je soude un fil de cuivre C à un disque A, taillé sur la forme du piédestal de la statuette; l'extrémité de ce fil est courbée comme on le voit dans la figure. J'enroule solidement sur ce conducteur un autre fil métallique B terminé en pointe, et, après avoir bien décapé toutes les parties du cuivre qui doivent être en contact, soit entre elles, soit avec la statuette, je pose cette dernière, préalablement préparée, sur le disque, et je fais descendre le fil B, jusqu'à ce que la pointe vienne se fixer légèrement dans le plâtre. Quand la statuette est trop lourde pour être maintenue par un seul conducteur, je me sers de l'étrier A, que je soutiens avec une baguette de verre posée en travers et supportée par le bord du vase.

« Si la pointe B a été fixée avec précaution dans le plâtre, le contact sera suffisant pour que le dépôt s'effectue; mais il sera toujours plus prudent de toucher le point de réunion, avec un pinceau imbibé de solution de nitrate d'argent.

« Lorsque tout a été disposé avec soin, le cuivre se précipite sur la statuette avec une telle rapidité, qu'on n'a en quelque sorte pas le temps de suivre le progrès de l'opération. Il faut avoir soin de vernir exactement les conducteurs et toutes les parties métalliques; car le cuivre s'y porterait plutôt que sur la statuette, surtout lorsqu'on a fait usage de plombagine pour la métalliser. »



§ 6. PILE DE MM. LENZ ET JACOBY.

Dans les belles recherches sur l'électro-magnétisme, qu'on doit à MM. Lenz et Jacoby, recherches qui ont conduit ce dernier à la découverte de la galvanoplastie, ces habiles physiciens ont eu besoin d'établir des batteries à courant constant, et voici l'appareil auquel ils se sont définitivement arrêtés. A B C D E F (fig. 44) est une auge en bois soigneusement mastiquée à l'intérieur, et partagée en deux compartiments par un diaphragme *a b* en poterie. Chacun de ces compartiments porte un tube d'évacuation *c d*, uni à l'auge par un tube de caoutchouc. Sur les parois opposées de cette auge sont deux montants *e f*, sur lesquels est fixée à vis une tige ronde *g h*. Sur cette tige se trouvent deux curseurs *i* et *k*, qui peuvent glisser sur sa longueur et être fixés, en tel endroit qu'on désire, par une vis de pression. Ces deux curseurs sont liés par une vis micrométrique *l*, qui règle leur distance mutuelle; *m* et *n* sont deux plaques métalliques, dont la première est fixée au curseur *k*, et dont la seconde est simplement suspendue dans l'un des compartiments de l'auge.

La constance du courant de cette pile est fondée sur la résistance variable qu'opposent au passage de la force électrique les liquides sous différentes épaisseurs. On voit alors que lorsqu'on fait agir la pile, soit sur un galvanomètre, soit dans un but technique, il suffit de tourner la vis micrométrique *l*, après avoir fixé le curseur *i*, pour rapprocher plus ou moins les plaques *m* et *n* entre elles, c'est-à-dire pour diminuer ou augmenter la résistance de conductibilité du liquide dont la pile est chargée, et qu'on a ainsi un moyen très-précis pour maintenir un courant constant pendant tout le temps de l'observation ou du travail.

Cette pile, comme on voit, exige une attention soutenue pour maintenir la constance du courant, et un galvanomètre pour s'assurer de ses affaiblissements successifs ; sous ce rapport, elle est beaucoup moins avantageuse que les piles qui seront décrites ci-après, mais elle peut néanmoins recevoir des applications quand on voudra une grande précision, et quand, dans les applications techniques, on aura besoin de soins plus attentifs pour obtenir certains résultats délicats et bien définis.

Nous ne parlerons ici que pour mémoire de l'appareil de M. Tito Puliti, de Florence, que M. Ch. Chevalier a employé le premier à reproduire en cuivre les épreuves du daguerréotype. On trouvera la description de cet appareil dans les *Nouvelles Instructions sur l'usage du Daguerréotype*, par

Ch. Chevalier, chez l'auteur, Palais-Royal. Nous l'avons représenté fig. 47. (*Voir* l'explication des figures.)

Il suffira aussi d'indiquer l'appareil inventé par M. Wynn, qui n'est qu'une variante de l'appareil Spencer. Seulement l'inventeur y a adapté un réservoir qui fournit au zinc un liquide nouveau à mesure que le premier s'épuise; cette disposition permet aussi de recueillir le gaz hydrogène à mesure qu'il se développe. Le docteur Fau a décrit cet appareil d'une manière complète dans son excellent *Traité de Galvanoplastie*.

§ 7. MÉTHODE DU DOCTEUR FRANKENSTEIN POUR LA RÉDUCTION DES MÉTAUX PAR LE SIMPLE CONTACT.

Après avoir examiné les diverses formes qu'on a successivement données aux appareils simples, nous devons entrer dans quelques détails sur l'ingénieux procédé du docteur Frankenstein, pour dorer et argenter les métaux par l'effet d'un simple contact galvanique et sans le secours d'aucune pile. Jusqu'ici l'inventeur paraît avoir borné les applications de sa méthode à la réduction des métaux précieux, tels que l'or, l'argent, le platine; mais si, comme nous le pensons, elle est également applicable à la réduction des autres métaux, M. Frankenstein aura le mérite d'avoir donné une nouvelle impulsion à la galvanoplastie, en la débarrassant des appareils compliqués jusqu'alors en usage.

Le système du docteur Frankenstein est basé sur l'observation d'un fait bien simple. Suivant lui, lorsqu'on veut dorer, argenter, platiner avec des solutions métalliques convenables, il suffit de l'antagonisme simple de l'électricité produite par le contact, c'est-à-dire de l'état positif de l'objet à recouvrir, et de l'état négatif du métal à précipiter, et qui se trouve à l'état de dissolution, pour produire le résultat proposé. Il tire cette conséquence du principe suivant : Tous les métaux en contact avec le zinc, qui est le plus positif de tous les métaux, deviennent électriques dans un liquide conducteur.

Voici maintenant la manière d'opérer, qui a paru à la fois la plus simple et la plus efficace :

Sur un vase de grès ou de verre, on place une barre de bois sur laquelle on assujettit une bande de zinc dont les deux extrémités recourbées en forme de crochets, descendent jusque dans le bain métallique où elles plongent très-légèrement, en même temps qu'elles sont en contact avec l'objet à dorer, etc., afin qu'il ne se précipite pas en pure perte de l'or ou de l'argent sur le zinc. Les objets un peu forts ont besoin d'être

en contact en trois ou quatre points avec les bandes de zinc, et ces dernières doivent être parfaitement décapées, à leur surface, afin que le contact électrique ait une action plus prononcée. On fera même bien de changer de temps en temps les points de contact, et dans le cas où on voudrait réserver certaines parties de l'objet sans être dorées, on les enduira d'un vernis convenable. (Voir, ci-après, la composition des différents vernis protecteurs.)

L'élévation de température de la solution métallique, qu'on peut porter jusqu'à l'ébullition, est indispensable pour accélérer l'action électro-chimique ; avec une température plus modérée, l'opération dure quelques minutes de plus, mais la couche de métal déposé est plus adhérente.

Un soin qu'il ne faut pas négliger, c'est de maintenir la solution métallique au même degré de concentration, en y en versant de nouvelle, à mesure qu'elle s'épuise par la revivification du métal. Enfin, on humectera de temps à autre les bandes de zinc avec un peu d'eau acidulée, et on les débarrassera de l'oxyde, qui, en s'y déposant, affaiblit le contact électrique et ralentit la marche de l'opération.

On peut dorer, de cette manière, l'argent, le maillechort, le cuivre, le laiton, et même le fer et l'acier, mais ces derniers métaux doivent avoir été plongés préalablement dans l'acide nitrique très-étendu, et bien écurés.

Si l'on veut obtenir une dorure plus ou moins foncée, il suffit de mettre les objets, pendant plus ou moins de temps, en contact avec un fil de cuivre, en même temps qu'avec le zinc. On peut encore, pour obtenir cet effet, ajouter à la solution d'or, une ou deux gouttes de solution d'un sel de cuivre, ou d'argent, suivant la teinte plus ou moins foncée qu'on veut obtenir.

Il est indispensable de soumettre à un décapage préalable les pièces qui doivent être recouvertes de métal, par le procédé du docteur Frankenstein. (Voir ci-après, le chapitre *Décapage* et *Dérochage*.)

Les expériences du docteur Frankenstein ont été répétées avec succès par le professeur Ferling, qui a obtenu tous les résultats annoncés par l'inventeur. On trouve également dans le *Technologiste*, nº de mars 1844, le détail d'une opération entreprise sur une grande échelle, par le docteur Frankenstein, dans l'établissement qu'il a fondé pour l'exploitation de son procédé. Il s'agissait de dorer une immense croix en cuivre, présentant une superficie de plus de 5 mètres carrés, et destinée à surmonter le clocher de l'église de Gaming (Autriche). Cette curieuse expérience a été couronnée d'un

plein succès. Partout la dorure présentait une teinte magnifique, et une adhérence telle, qu'elle résistait à l'action du brunissoir. On remarquait néanmoins, sur la surface dorée, quelques légers défauts, ou plutôt quelques endroits faibles qui semblaient nécessiter une nouvelle immersion. Mais le docteur Frankenstein a trouvé le moyen d'y remédier facilement, à l'aide d'un *sel à dorer au contact*, qui lui permet de dorer à volonté telles ou telles parties d'un objet, mais dont il s'est réservé la composition.

D'après ces résultats, le procédé Frankenstein semble appelé à diriger la galvanoplastie dans une voie toute nouvelle, et nous engageons vivement nos lecteurs à répéter ces curieuses expériences, qui peuvent aider beaucoup l'avancement de la science.

Nous avons renvoyé au chapitre VI, *Bains métalliques*, la formule des diverses solutions employées par le docteur Frankenstein. (*Voyez* ci-après.)

ARTICLE II.

DES APPAREILS COMPOSÉS.

Les piles composées sont ainsi appelées, parce qu'elles peuvent être réunies en séries, et former ainsi des batteries galvaniques dont on peut régler, à volonté, l'énergie, en augmentant le nombre d'éléments dont elles sont formées. Au moyen de cette disposition, il est toujours facile de proportionner le courant galvanique à la nature des décompositions qu'il s'agit d'opérer.

Mais, outre cet avantage, les appareils composés en possèdent plusieurs autres qui les distinguent essentiellement des piles simples.

C'est ainsi que la plupart des appareils composés sont à courant énergique et constant; les effets d'endosmose y sont beaucoup moins sensibles, et surtout moins nuisibles que dans les piles simples, parce que la réduction du métal a lieu dans un vase tout-à-fait séparé de la pile. Enfin, ce qui est bien plus important, la solution métallique peut toujours être entretenue au même degré de concentration, en faisant plonger dans l'auge à précipiter un électrode de même nature que le métal à réduire, communiquant avec le pôle négatif de la pile, et qui, en se dissolvant, remplace dans la solution le métal réduit.

Ce dernier avantage suffirait seul pour faire préférer les appareils composés à tous les autres. Ils devront donc être

adoptés par les expérimentateurs, aussitôt qu'ils auront acquis une connaissance suffisante des lois de l'électro-métallurgie, en se familiarisant d'abord avec le maniement des piles simples.

M. Smee a décrit avec assez d'étendue les trois principales piles composées, qui ont donné naissance à toutes les autres (n[os] 38 à 58) ; toutefois, nous ajouterons quelques détails sur chacun de ces appareils, et nous signalerons les divers perfectionnements, les modifications ou les transformations qui y ont été apportés.

§ 1. DES DIVERSES PILES A COURANT CONSTANT, PAR M. ED. BECQUEREL.

A l'époque actuelle, où l'on cherche de toutes parts à appliquer les sciences physiques et chimiques, et par conséquent l'action des forces électriques, aux arts industriels, je pense qu'il peut être utile de présenter succinctement l'exposé de toutes les recherches qui ont été faites pour obtenir des piles dont l'action fût constante pendant un certain temps.

La pile, telle que l'a décrite Volta, les piles à auges, celles à la Wollaston, et en général les piles dans lesquelles les deux métaux qui composent le couple plongent dans le même liquide, donnent des résultats très-variables, même dans un court espace de temps.

L'effet maximum se produit dans les premières minutes, mais bientôt il diminue rapidement, de sorte qu'en laissant continuer l'action, il est, au bout d'un certain temps, incomparablement plus faible qu'au commencement, à moins qu'on ne charge la pile avec des liquides peu conducteurs ; alors la diminution de l'intensité est moins rapide, mais aussi le courant est beaucoup plus faible.

C'est mon père qui m'a donné, le premier, les principes sur lesquels est fondée la construction de ces piles, et qui a formé les premières piles de ce genre d'après la méthode suivante.

Dans l'intérieur d'un vase en verre, on dispose deux diaphragmes en baudruche, afin de former trois cases ; ces diaphragmes sont appliqués sur les parois de la boite avec tout le soin possible, afin que la communication d'une case à l'autre n'ait lieu que par l'intermédiaire de la baudruche, qui n'est là que pour retarder le mélange ou la combinaison des liquides contenus dans chacune des cases. A la rigueur, on peut ne mettre qu'un diaphragme, mais l'expérience prouve que deux sont nécessaires quand l'action doit durer longtemps. Le fond de cette boite est ouvert seulement dans la partie située entre les deux diaphragmes, afin qu'en plongeant l'ap-

pareil dans un vase qui renferme le liquide conducteur, les liquides contenus dans chacune des cases externes ne se mêlent que difficilement. On plonge alors une lame de zinc et une lame de cuivre chacune dans une des cases externes ; le maximum d'intensité s'obtient sensiblement quand le cuivre plonge dans une dissolution de nitrate de cuivre ; et le zinc dans une dissolution de zinc ; mais il y a aussi une diminution d'intensité avec le temps.

Les expériences faites avec cette pile ont démontré que la condition indispensable pour la solution du problème des piles à courant constant consistait à faire plonger les lames dans des liquides différents. Ce problème, mon père l'a aussi résolu à l'aide de l'appareil nommé chaîne simple à oxygène, qui se compose de deux petits bocaux en verre, dont l'un renferme une solution de potasse caustique très-concentrée, et l'autre de l'acide nitrique concentré ; ces deux bocaux communiquent ensemble au moyen d'un tube recourbé rempli d'argile (kaolin exempt de carbonate de chaux) humectée d'une solution de sel marin. Dans le bocal où se trouve l'alcali, plonge une lame d'or ou de platine, et dans l'autre une lame de platine ; si l'on met en communication ces deux lames au moyen de fils de platine, on a un courant assez énergique qui provient de la réaction de l'acide sur l'eau, le sel marin et la potasse ; la lame plongée dans l'alcali prend l'électricité négative, et la lame plongée dans l'acide prend l'électricité positive.

La meilleure disposition à donner à cet appareil, est de terminer les deux extrémités du tube communicateur d'argile par deux tubes de platine qui servent de lames ou de pôles.

M. Daniell a construit une pile dont nous allons donner la description, et qui est à présent généralement employée. On prend un cylindre de cuivre AB, fig. 48, ouvert à sa partie supérieure, et dont le fond est percé d'un trou ; sur ce fond est une portion de cylindre *ab* plus grande que l'ouverture sur laquelle s'attache fortement une portion d'intestin de bœuf, qu'on fixe par le haut E. Cette portion d'intestin forme un cylindre creux, dans lequel plonge un morceau de zinc amalgamé CD. Alors, si l'on emploie différents couples, le cuivre, qui forme une des lames du couple, est mis en rapport avec le zinc d'un autre couple, et aussi le zinc avec le cuivre d'un autre couple. A l'ouverture inférieure se trouve un siphon recourbé *cf*, de telle sorte que si l'on ajoute du liquide dans le cylindre formé par l'intestin, il en coulera autant par *g*, si l'intérieur du sac membraneux est déjà plein,

M. Daniell emploie pour liquide de l'eau acidulée par l'acide sulfurique, pour la case zinc, et une solution saturée de sulfate de cuivre pour l'extérieur du sac membraneux. Seulement l'eau acidulée tombe goutte à goutte dans la case zinc, et, à mesure qu'elle tombe, elle chasse par le siphon l'eau acidulée chargée de sulfate de zinc, qui est plus pesante, et qui diminuerait l'action de la pile. Des morceaux de sulfate de cuivre, placés dans la solution de sulfate, saturent cette solution à mesure que le sulfate dissous se décompose. Les couples de M. Daniell avaient 162 millimètres de hauteur sur 95 millimètres de diamètre. Avec dix de ces couples, il obtenait 317 centimètres cubes de gaz par quart-d'heure; de plus, l'intensité de l'action chimique restait sensiblement la même pendant plusieurs heures.

Un désavantage de cette pile, comme d'autres analogues, est que la pile ne fonctionne pas quand la communication est interrompue; mais à peine est-elle établie, que le sulfate est décomposé, l'acide sulfurique se porte sur le zinc et concourt à produire le courant électrique; tandis que l'hydrogène de l'eau décomposée réduit le cuivre du sulfate sur la surface du cylindre. Le courant électrique provient donc de trois actions différentes : 1° de l'action des deux solutions l'une sur l'autre par l'intermédiaire de la membrane; 2° de l'action de l'eau acidulée sur le zinc; 3° de l'action de l'acide sulfurique du sulfate sur ce même métal.

Voici maintenant d'autres piles d'un usage plus facile que celle de Daniell, et dont l'action est constante pendant un temps plus long, mais dans lesquelles on emploie le zinc amalgamé.

Ce zinc amalgamé possède la précieuse propriété de ne pas être attaqué par l'eau faiblement acidulée par l'acide sulfurique dans lequel il est plongé; mais vient-on à le toucher avec un fil de cuivre ou de platine, l'action devient très-vive, le zinc se dissout, et l'hydrogène se dégage sur le fil qui est le pôle négatif du couple voltaïque.

On a construit ainsi différentes piles en prenant pour métal négatif du cuivre, du platine, etc., en ayant soin de séparer les deux métaux du couple à l'aide d'un diaphragme, condition indispensable à la constance du courant; mais il est moins coûteux d'employer du cuivre. Ce métal ne s'altère pas pour ainsi dire; loin de là, il augmente plutôt de poids; car si l'on charge la case de cuivre avec du sulfate de ce métal, le cuivre du sufalte se réduit sur la lame de cuivre qui est le pôle négatif, et à la fin de l'expérience on l'enlève facilement.

Au lieu de baudruche et d'intestin de bœuf, on peut employer une vessie, et mettre simplement, comme on le fait à Paris, un cylindre creux de cuivre, fig. 49, lesté de sable, afin qu'il plonge dans le liquide, dans une poche formée par une vessie. Le tout est plongé dans un vase de verre MN, et entouré d'un cylindre creux de zinc ou plutôt de zinc amalgamé ; la poche en vessie est remplie d'eau saturée de sulfate de cuivre, et des morceaux de sulfate sont placés à la partie supérieure du cylindre en baignant dans la solution, et la saturent continuellement à mesure que le sulfate est décomposé. Dans la case à zinc, c'est-à-dire dans le vase en terre, on met de l'eau salée saturée.

On trouve plus d'avantage à employer l'eau salée que l'eau acidulée ; l'action est plus lente, mais aussi elle est constante pendant plus longtemps.

En général, les meilleurs diaphragmes sont ceux qui, tout en étant très-perméables à l'action du courant électrique, ne laissent traverser que très-peu des liquides qui baignent leurs surfaces. De très-bons diaphragmes sont des cylindres en cuir tanné, mais non préparés avec des graisses, de 3 à 4 millimètres et plus d'épaisseur. On les fait bouillir dans de l'eau salée, et on ne les laisse pas sécher avant d'en faire usage.

On peut employer avec un égal succès, pour diaphragmes, des vases en porcelaine dégourdie, des cylindres creux en plâtre et des sacs en toile à voiles. Les premiers donnent une action très-énergique, mais le mélange des dissolutions se fait trop vite pour le but que l'on se propose. La terre de pipe présente le même résultat.

Cette terre donne de même le maximum d'action quand on s'en sert comme diaphragme dans la pile inventée par M. Grove. Cette pile (fig. 40), qui est très-petite, puisque chaque coupole n'a pas une dimension de 3 centimètres, a pour diaphragmes des têtes de pipes en terre bouchées par en bas. Dans l'intérieur se trouve le zinc amalgamé, plongeant dans de l'eau salée ; à l'extérieur, du platine plongeant dans de l'acide nitrique. Cette pile a une très-grande énergie d'action, comparativement à sa grandeur, puisque, avec six de ses couples, on fait rougir un petit fil de platine, et l'on décompose très-rapidement l'eau.

Le plâtre donne un bon résultat, mais il est attaqué avec le temps. Avec la toile à voiles à fils très-serrés, on forme des piles très-énergiques, en employant toujours, comme ci-dessus, pour liquides, une dissolution de chlorure de sodium au côté zinc.

On a aussi employé des planchettes de bois ; l'intensité du

courant est alors très-énergique, surtout avec des planchettes de sapin très-minces. Il faut, avant d'opérer sur le bois, le soumettre, dans des chaudières à vapeur, à l'action de la vapeur d'eau, afin de lui enlever la sève et les matières résineuses qui pourraient retarder la marche du courant.

On peut aussi former des piles à courant constant, de la manière suivante, en n'employant qu'un seul liquide conducteur; on prend un vase, fig. 41, en terre poreuse, à demi-cuite, mais assez cependant pour ne pas se délayer dans l'eau; on y verse l'amalgame liquide de zinc, et l'on plonge ce vase dans un bocal plein d'une solution saturée de sulfate de cuivre. Un fil de cuivre, qui plonge dans l'amalgame, communique l'électricité négative, tandis que l'électricité positive est communiquée par une lame de cuivre plongeant dans le sulfate du même métal. C'est ici la réaction seule de l'acide sulfurique du sulfate de zinc de l'amalgame qui produit le courant électrique.

On peut encore imaginer d'autres dispositions, mais qui, en réalité, reviennent à celles que nous venons de décrire.

Au Muséum, il y a une pile qui agit avec une très-grande énergie pendant au moins six à sept heures. Chaque élément se compose d'une auge, fig. 42, en cuivre AB, de 35 centimètres de largeur, sur 40 centimètres de hauteur et 5 centimètres d'épaisseur. De petites auges *a b*, *a' b'*, communiquent avec AB au moyen d'ouvertures pratiquées dans la paroi de celle-ci, et servent à mettre des morceaux de sulfate de cuivre qui saturent continuellement la solution de sulfate contenue dans AB, à mesure qu'elle est décomposée par le courant électrique; le métal positif est une plaque de zinc amalgamé MN, fig. 43, d'une dimension un peu plus petite que l'auge AB, afin qu'elle puisse entrer dans cette auge; un sac en toile à voiles dans lequel plonge la lame de zinc, sert à séparer le zinc du cuivre; on emploie pour dissolution, du côté du zinc, de l'eau salée.

Avec 12 couples formés de cette manière et réunis en pile au moyen d'un châssis, on a des effets de décomposition chimique et d'incandescence très-énergiques. Je crois que pour l'art de la dorure sur métaux à l'aide de l'électricité, dans le cas où l'on ferait usage de piles voltaïques, comme l'on n'a pas besoin d'une très-grande force voltaïque, il faudrait construire une pile de quelques éléments ayant ses couples disposés à peu près comme le couple ci-dessus; seulement les dimensions seraient plus petites; un décimètre, par exemple, de hauteur et de largeur suffirait.

Au lieu de toiles à voiles, il serait bon d'employer du cuir

peu épais, préparé comme nous l'avons indiqué plus haut; le cuir ne donnerait pas un courant aussi énergique qu'un diaphragme en toile à voiles, mais l'action serait constante pendant plus longtemps, peut-être pendant une journée entière.

§ 2. PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS A LA PILE DE DANIELL.

L'excellente pile de Daniell a été suffisamment décrite par M. Smee (Nos 38 à 45), et nous avons déjà fait connaître dans le paragraphe qui précède, l'ingénieuse modification que M. Becquerel père a introduite dans la forme de cette pile. Il a eu surtout en vue de dégager une plus grande quantité d'électricité, en faisant réagir le liquide excitant sur les deux faces d'une lame de zinc. Nous n'insisterons pas davantage sur cette utile innovation, que fera facilement comprendre la seule inspection des figures 42 et 43.

Occupons-nous maintenant de quelques autres améliorations, qui, sans toucher à la forme primitive de cette pile, n'en ont pas moins leur degré d'utilité, soit pour faciliter la manipulation de l'appareil, soit sous le rapport de l'économie.

Nous placerons en première ligne une disposition également indiquée par M. Becquerel père, dans son important ouvrage intitulé : *Eléments d'Electro-Chimie*, que nous avons déjà cité.

« On prend pour diaphragme un cylindre en terre demi-cuite, que l'on remplit d'amalgame liquide de zinc, dans lequel on plonge une lame de platine soudée à un fil de même métal. Le cylindre est placé dans un bocal contenant une solution saturée de sulfate de cuivre, dans laquelle est un cylindre de cuivre entourant le diaphragme. En fermant le circuit, la réaction du sulfate de cuivre sur l'amalgame donne naissance à un courant dont on utilise l'action. Le zinc consommé est remplacé par des morceaux de même métal, que l'on ajoute dans le cylindre qui contient le mercure. »

Cette pile présente une grande analogie avec la *pile de débris*, qui a été décrite *page* 44. Ainsi que cette dernière, elle offre l'avantage de pouvoir utiliser tous les résidus de zinc provenant d'expériences faites avec les autres piles.

Le docteur Philippe a remplacé le cylindre de cuivre de la pile de Daniell, par un cylindre de fer-blanc que l'on revêt d'une couche cuivrée dans l'appareil lui-même. Il suffit, pour cela de faire communiquer le zinc par un fil avec le

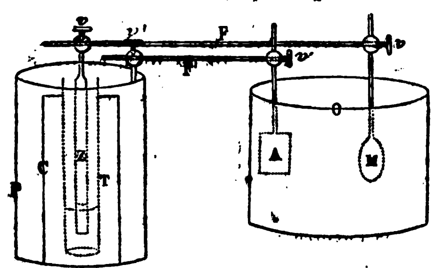
cylindre de fer-blanc, et en mettant la pile en action, il sera, en peu de temps, entièrement recouvert de cuivre. Pour réussir dans cette opération, il faut n'employer d'abord qu'un très-faible courant; on y parviendra en plongeant le zinc dans une eau renfermant seulement quelques grains de sel en dissolution. La solution métallique devra, au contraire, être saturée de cuivre.

Le sulfate de cuivre nous paraît très-peu propre à remplir le but qu'on se propose dans cette opération, à cause de la réaction très-prononcée qui s'opère entre lui et le fer, même étamé. Une solution de cyanure de cuivre, serait infiniment préférable dans ce cas. (*Voir* ci-après le Chapitre *des Bains métalliques*.)

Messieurs Walker et Smee ont indiqué un autre moyen encore plus économique de construire la pile de Daniell. Voici la description de ce procédé, emprunté à la traduction du docteur Fau :

« On met un peu de cire dans un vase cylindrique de faïence, contenant environ 1 litre 50 centilitres. On met ce vase auprès du feu jusqu'à ce qu'il soit bien chaud et que la cire entre en fusion. On le tourne alors dans tous les sens, jusqu'à ce qu'une couche mince de cire adhère à toutes les parois. Quand le vase est refroidi, on frotte, avec de la plombagine, toute la surface enduite de cuivre. Le vase est alors rempli d'une solution saturée de sulfate de cuivre dans laquelle on plonge un tube poreux contenant de l'eau acidulée et un morceau de zinc amalgamé. A ce morceau de zinc est soudé un fil de cuivre que l'on fait communiquer avec la surface du vase revêtue de plombagine. Le courant s'établit immédiatement, et, en quelques heures, l'intérieur du vase est entièrement recouvert d'une couche de cuivre. Il suffira, pour compléter ensuite l'appareil, d'ajuster sur le bord du vase un fil métallique replié, dont l'extrémité, soigneusement décapée, sera mise en contact avec le vase de cuivre obtenu. »

M. Ch. Chevalier a disposé d'une manière très-commode, les conducteurs de la pile de Daniell. Deux tiges de cuivre sont soudées, l'une au zinc, l'autre au cuivre de la pile. Ces deux tiges sont percées, à leur extrémité supérieure, de trous qui donnent passage aux fils conducteurs; des vis de pression servent à assurer leur contact avec les éléments cuivre et zinc, et à les maintenir en place. Cette disposition est très-commode, et permet de modifier à volonté la distance des deux pôles, sans être jamais obligé de tordre les conducteurs.



Nous avons fait représenter ci-dessus l'ensemble de l'appareil ainsi modifié. P, vase de faïence rempli d'une solution saturée de sulfate de cuivre; C, cylindre de cuivre formant l'élément négatif de la pile; T, tube poreux ou diaphragme rempli d'eau acidulée et contenant le morceau de zinc Z; *pv*, *v'v'*, vis de pression qui assujettissent les fils conducteurs FF'. O, auge à précipiter en faïence ou en verre, dans laquelle plongent le modèle M et l'électrode soluble A, destiné à maintenir la saturation de la solution métallique.

§ 3. PILES DE M. BARRATT.

Pour dorer ou argenter, M. Barratt se sert du plomb comme métal positif, et de charbon comme élément négatif. Les deux corps sont disposés par paires et en séries dans un vase de forme convenable, et la batterie est chargée avec du sel marin dissous dans trois fois son poids d'eau. Un électrode soluble, de même nature que le métal à réduire, est en contact avec le charbon et plonge dans l'auge à précipiter. L'action de cette pile est continue et régulière tant qu'il reste du sel dans la solution. Les produits de la batterie sont: du chlorure de plomb et de la soude caustique combinés à du carbonate de soude, produits dont la valeur est supérieure aux dépenses faites pour la précipitation du métal.

M. Barratt a encore fait usage, pour la réduction des métaux, d'une autre pile, dont la construction est fort simple. Elle se compose de creusets en plombagine remplis d'eau, et dans lesquels est suspendu un morceau de zinc. Le creuset lui-même et le zinc sont plongés dans un vase plein d'eau. Les fils conducteurs sont établis à la matière ordinaire. En réunissant en séries 20 ou 30 de ces couples, on obtient une force suffisante pour dorer de fortes pièces.

§ 4. NOUVEAU COUPLE VOLTAÏQUE ET CONDENSATEUR ÉLECTRO-CHIMIQUE, PAR M. A. DE LA RIVE, DE GENÈVE.

Quand on examine de près les résistances que le courant d'un seul couple doit surmonter pour traverser un circuit dans lequel on interpose un voltamètre (1) à électrodes de platine, on n'est pas surpris de la presque impossibilité qu'il éprouve à le traverser. En effet, dans un couple zinc amalgamé et platiné, plongé dans l'acide sulfurique étendu, le courant parti du zinc doit traverser le liquide du couple où il dépose de l'hydrogène; puis passer à travers le liquide du voltamètre en déposant également des gaz sur l'un et l'autre des électrodes de platine de ce voltamètre. La résistance se manifeste essentiellement dans les trois parties du circuit où le courant doit passer du liquide dans le platine, ou du platine dans le liquide.

Il m'a paru que si l'on parvenait à diminuer au moins l'une de ces trois résistances, on aurait déjà beaucoup gagné, et que pour avoir la décomposition de l'eau complète au voltamètre, c'était la résistance qui a lieu au platine du couple qu'il fallait diminuer. M. Grove a déjà obtenu à cet égard un résultat important, en plongeant le platine, non dans de l'eau acidulée où le zinc est placé, mais dans l'acide nitrique à 40 degrés, qui est lui-même séparé de l'eau acidulée par un diaphragme poreux en porcelaine dégourdie. L'hydrogène dont le courant tend à recouvrir la surface du platine du couple est absorbé par l'acide nitrique; la résistance est par conséquent beaucoup diminuée, et l'eau est légèrement décomposée au voltamètre.

J'ai essayé de substituer à l'acide nitrique un peroxyde en poudre. J'y voyais deux avantages : le premier, de diminuer, comme avec l'acide nitrique, la résistance; le second, d'obtenir un courant par la réduction du peroxyde, courant dont la direction, semblable à celle du courant provenant de l'oxydation du zinc, augmenterait considérablement la puissance électro-chimique du couple. Il y avait en outre un avantage pratique dans la substitution d'un peroxyde à l'acide nitrique, c'était de n'avoir besoin que d'un liquide pour charger la pile.

Mes essais ont porté sur le peroxyde de manganèse et sur le peroxyde de plomb; le second a une supériorité très-prononcée. Ce peroxyde, amené à l'état d'une poudre fine et

(1) M. De La Rive appelle ainsi, comme l'a proposé M. Faraday, un flacon rempli d'eau acidulée, dans lequel plongent deux fils ou lames de platine qui servent à transmettre le courant destiné à décomposer l'eau.

sèche, est tassé avec soin dans une auge poreuse en porcelaine dégourdie; une lame de platine est placée au milieu de l'auge, de façon qu'elle est complètement enveloppée de peroxyde; cette lame porte un appendice auquel est fixé un conducteur en cuivre. Le liquide dans lequel plongent l'auge poreuse remplie de peroxyde, et la lame de zinc amalgamé, peut être indifféremment ou de l'eau salée, ou de l'acide sulfurique étendu de plus ou moins d'eau.

Avec le peroxyde de manganèse, je n'ai obtenu que 2 centimètres cubes de gaz par minute, et l'effet s'affaiblit assez vite. Avec le peroxyde de plomb, j'ai obtenu jusqu'à 10 centimètres cubes de gaz par minute au même voltamètre, et l'effet ne cesse point, tout en s'affaiblissant légèrement. Un moyen de lui rendre toute son énergie, c'est de changer la direction du courant dans le voltamètre; on détruit ainsi la polarisation des électrodes, qui est la cause de la diminution apparente d'intensité du courant.

Dans les mêmes circonstances, un couple de Grove ne donne naissance qu'à une décomposition à peine sensible; la différence est beaucoup moindre en ce qui concerne les effets calorifiques. Un couple de Grove a produit 425 degrés à une hélice de Bréguet; un couple parfaitement semblable, mais dans lequel l'acide nitrique était remplacé par le peroxyde de plomb, a produit 450 degrés. Différents essais comparatifs, faits avec un couple de Bunsen (zinc et charbon), avec un couple de Daniell, m'ont montré la grande supériorité du couple au peroxyde de plomb, surtout pour les effets chimiques; les effets avec les autres couples sont ou nuls ou insensibles.

La durée de l'action est considérable avec le couple de peroxyde de plomb, pourvu qu'on ait soin de polariser de temps à autre les électrodes.

Ce couple est d'un usage commode, parce qu'il n'exige l'emploi que d'un seul liquide facile à se procurer, l'eau salée ou l'acide sulfurique étendu. Aussi j'estime qu'il pourra, tant sous ce rapport que sous le rapport économique, remplacer utilement les piles à plusieurs couples, toujours plus coûteuses et plus compliquées dans les applications de l'électricité à la dorure, à l'argenture, et aux arts métallurgiques en général; les essais que j'ai faits dans ce but ont été très-satisfaisants.

La supériorité des couples à peroxyde de plomb ne se soutient pas quand on en met plusieurs en série. Un seul couple donnait 14 degrés à un galvanomètre calorifique formé

d'un fil de platine de 12 centimètres de longueur, et de 1/2 millimètre de diamètre, qui traversait le courant. Deux couples en série ont donné 18 degrés au même galvanomètre, et 24 centim. de gaz par minute. Deux couples de Grove ont donné, dans les mêmes circonstances, 19 degrés au galvanomètre calorifique, 27 cent. cubes de gaz par minute. Mais, ce qu'il y a d'assez curieux, c'est qu'une pile formée d'un couple de Grove à l'acide nitrique, et d'un couple de peroxyde, a donné des effets supérieurs à ceux obtenus avec une pile de deux couples de Grove ou de deux couples de peroxyde de plomb. Elle a donné 24 degrés au galvanomètre calorifique, au lieu de 18 et 32 centim. cubes de gaz par minute au voltamètre, au lieu de 24 ou 27. On obtient également un effet puissant en formant une pile d'un couple de peroxyde de plomb et d'un couple de Daniell à sulfate de cuivre.

Une pile de trois couples de peroxyde de plomb donne 72 centimètres cubès de gaz par minute, elle rougit le fil de platine du galvanomètre calorifique ; enfin, elle donne une belle lumière avec les pointes de charbon. Mais employés en série, les couples de peroxyde de plomb n'ont pas un pouvoir bien constant; il s'opère un dépôt d'oxyde de zinc sur les parois des auges poreuses, qu'il faut de temps à autre enlever.

Une lame de cuivre substituée à la lame de platine dans les couples à peroxyde de plomb ou de manganèse, les rend incapables de produire aucune action chimique, et affaiblit d'une manière très-prononcée leurs effets calorifiques.

On peut, au lieu d'employer le courant d'un second couple à augmenter l'effet chimique du premier, se servir du courant même d'un couple à augmenter sa propre intensité. Après diverses tentatives, j'ai réussi à réaliser cette conception au moyen d'un appareil fort simple, que je propose de nommer *condensateur électro-chimique*, ou *condensateur voltaïque*.

Le principe de l'appareil consiste à employer le courant d'un couple à force constante, qui doit opérer la décomposition, à produire en même temps un courant d'induction, et à diriger le courant d'induction à travers le couple lui-même, dans un sens tel, que son effet soit de nature à oxyder le zinc et à désoxyder le sulfate de cuivre ou l'acide nitrique. Ce courant produit ainsi sur le couple le même effet que celui que produirait le courant d'un autre couple. La disposition de l'appareil ne présente rien de compliqué : C'est un morceau de fer doux entouré d'un gros fil de métal recouvert de soie ; le courant du couple traverse ce fil et aimante le mor-

ceau de fer; aussitôt une petite tige de cuivre mobile munie d'un appendice de fer qui est attiré par le fer aimanté, est soulevée de manière à interrompre le circuit; il se développe alors dans le fil un courant d'induction qui traverse le couple, et qui, réuni à celui du couple lui-même qu'il a ainsi renforcé, traverse le voltamètre qui est resté dans le circuit, et décompose l'eau. Mais le fer doux n'étant plus aimanté, la tige de cuivre retombe, le circuit métallique est de nouveau formé, le fer est de nouveau aimanté, et le même effet se reproduit.

Au moyen de cet appareil, un couple de Greve, qui ne décompose l'eau que très-légèrement, un couple de Daniell, qui ne la décompose pas sensiblement, deviennent capables de la décomposer avec une grande énergie. On peut obtenir jusqu'à 10 ou 15 centimètres cubes de gaz par minute. Un couple de peroxyde de plomb, qui donnait 9 centimètres cubes de gaz par minute, donne immédiatement 18 centimètres par l'interposition de l'appareil dans le circuit. Ce couple même donne également dans ce cas une forte lumière avec les pointes de charbon.

Les gaz qui proviennent de la décomposition ne sont nullement mélangés par l'interposition, dans le circuit, du couple du condensateur voltaïque, le courant d'induction étant toujours dirigé dans le même sens que celui du couple. On peut recueillir séparément ces gaz avec la plus grande facilité, et on les trouve dans la proportion exacte qui constitue l'eau. Aussi peut-on employer avec avantage cet appareil simple et peu coûteux dans les applications métallurgiques. Son interposition dans le circuit d'un couple produit le même effet que celui qui résulterait de l'addition d'un ou de plusieurs couples, sans occasionner la même dépense.

J'ajouterai que pour que l'appareil condensateur marche bien, il faut que le fil de métal, recouvert de soie, qui entoure le morceau de fer doux soit d'un fort diamètre et d'une longueur médiocre. Dans l'appareil dont je me suis servi, il y avait trois fils de cuivre de 1 millimètre de diamètre, faisant chacun 100 tours, et réunis par leurs extrémités correspondantes, de façon à représenter un seul fil de 3 millimètres faisant 100 tours.

§ 5. PILE DE M. SOREL.

M. Sorel a fait connaître un appareil dont il s'est servi pour fixer le zinc sur le fer, et qui convient, à ce qu'il assure, également bien pour la galvanoplastie et pour produire la dorure galvanique, l'argenture, etc.

Cet appareil (fig. 45 et 46) est composé d'un vase en cuivre de la forme d'une casserole, au milieu duquel est placé, sur un pied isolé en bois ou en verre, un cylindre de zinc amalgamé. L'élément cuivre a, du côté du zinc, une surface au moins dix fois aussi grande que celle du zinc, et il y a même de l'avantage à augmenter dans une plus vaste proportion le vase en cuivre, pour qu'il renferme une plus grande quantité de liquide conducteur, ce qui fera que l'appareil fonctionnera plus longtemps avec une force constante. Le liquide conducteur qui a paru préférable avec cet appareil, a été de l'eau aiguisée d'acide sulfurique à trois ou quatre degrés de l'aréomètre; ce liquide a l'avantage de peu salir le zinc, d'où il résulte que l'appareil marche longtemps sans qu'on soit obligé de nettoyer le zinc. La cause principale de la force constante de cet appareil, c'est que le zinc, en s'appauvrissant de mercure par l'action de l'acide, devient de plus en plus attaquable, ce qui compense l'affaiblissement de l'eau acidulée. Pour obtenir une grande tension, on réunit plusieurs couples. Cet appareil, qui n'exige ni sacs ni diaphragmes, donne, avec le même nombre de couples, des effets plus puissants que la pile de Daniell, et précipite mieux les métaux.

§ 6. PILE DE BUNSEN.

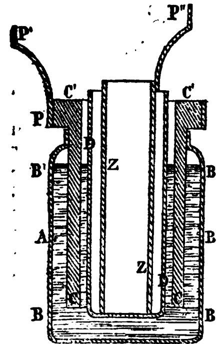
On a importé en France, il y a quelques années, une pile galvanique inventée par M. Bunsen, professeur à l'Université de Marbourg. Cet instrument a été l'objet d'un engouement exagéré de la part des uns, et d'une critique trop sévère de la part des autres; nous tâcherons d'apprécier à leur juste valeur ses qualités et ses défauts.

La pile de Bunsen, découverte par son auteur en 1841, n'a été connue en France qu'un an plus tard par une communication de M. Reiset à l'Académie des Sciences.

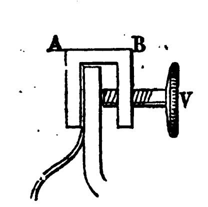
Elle est établie sur les mêmes principes que la pile de Grove, appelée aussi batterie à acide nitrique (*Voyez* M. Smee, Nos 45 à 48). Elle diffère seulement de cette dernière en ce que l'élément de platine est remplacé par un cylindre de charbon, substance dont M. Chevreuse a signalé dès longtemps la faculté conductrice et l'inaltérabilité au contact des acides.

M. Lerebours nous a paru être celui qui a le mieux compris et le mieux exécuté la pile de Bunsen. Nous décrirons donc cet instrument d'après le modèle adopté par cet habile opticien.

A B, bocal en verre rempli jusqu'en B' B' d'acide nitrique du commerce; CC, cylindre creux de charbon plongeant dans l'acide jusqu'en BB, et soutenu sur le bord du vase par un rebord qui fait corps avec le charbon. Un anneau ou virole en zinc, ou mieux en cuivre, P, s'ajuste à frottement doux sur le cylindre de charbon, et se termine par un appendice P' destiné à établir la communication soit avec le zinc d'un autre élément, soit avec l'anode soluble de l'auge à précipiter, si l'on n'emploie qu'un seul élément. D D, diaphragme en terre poreuse contenant de l'acide sulfurique étendu et le cylindre creux de zinc amalgamé Z Z, qui se termine également par un appendice P'', servant à faire communiquer le zinc avec l'élément charbon d'un autre couple, ou à rattacher le conducteur du modèle qu'il s'agit de recouvrir.



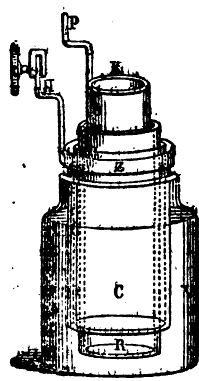
Ces diverses communications s'établissent au moyen d'un étrier à vis représenté à part et en place en H. Ce petit appareil si simple, imaginé par M. Lerebours, peut être fort utile dans une foule d'expériences électro-métallurgiques. On aura soin de bien décaper à l'aide de gros papier de verre, les appendices des deux pôles de la pile, et les rubans de cuivre, bien préférables aux fils du même métal, pour établir les communications; l'intérieur des étriers devra aussi être décapé, et les vis seront assujetties de manière à établir un contact parfait entre toutes les parties réunies. La figure 28 représente la pile de Bunsen toute montée.



On charge la pile en remplissant à moitié le bocal d'acide nitrique du commerce, étendu de son volume d'eau, et le diaphragme, d'eau acidulée très-faiblement par l'acide sulfurique.

La pile de Bunsen est d'un prix peu élevé et elle présente une grande énergie d'action sous un petit volume; sous ce double rapport, elle pourra être adoptée par un grand nom-

bre d'expérimentateurs, encore bien qu'ils ne puissent pas la construire eux-mêmes à cause de la difficulté que présente la confection des cylindres de charbon.



Sous le rapport de son intensité, M. Bunsen a constaté qu'elle est à peine inférieure à celle d'une pile de Grove de même dimension; un seul couple suffit pour fondre un fil-de-fer mince, et peut servir aux expériences de galvanoplastie, de dorure, etc.; avec deux éléments, on opère la décomposition de l'eau. Enfin, 40 éléments produisent tous les effets qu'on obtient, avec une pile de Faraday, d'un nombre d'éléments beaucoup plus considérable.

Mais à côté de ces avantages incontestables, il existe plusieurs inconvénients qui se présentent tout d'abord à l'esprit et qui ont été signalés par M. Becquerel, autorité grave en pareille matière.

En premier lieu, la pile est chargée avec de l'acide nitrique pur ou peu étendu, et il en résulte un dégagement abondant de vapeurs nitreuses et délétères, qui peuvent agir d'une manière nuisible sur l'économie, et qui attaquent tous les objets métalliques situés dans le laboratoire. À cette objection, M. Reiset répond que, par une immersion préalable des cylindres de charbon dans l'acide nitrique, on les débarrasse des sulfures qu'ils pouvaient contenir, en sorte qu'on n'a plus à craindre aucun effet délétère des vapeurs dégagées, et qu'il n'en résulte même aucune sensation désagréable. D'ailleurs, ajoute M. Reiset, dans la plupart des applications industrielles, l'acide nitrique de la pile peut, sans inconvénient, être très-étendu, en sorte que la production du gaz nitreux est à peine appréciable.

M. Becquerel a encore signalé un inconvénient grave dans l'emploi de la pile de Bunsen. Le diaphragme en terre poreuse qui sépare les deux liquides, ne forme pas un obstacle assez puissant à leur mélange réciproque; bientôt des effets d'endosmose se font sentir; le courant cesse alors d'être constant, et finit même par s'arrêter tout-à-coup. Nous avouons qu'il nous paraît plus difficile de remédier à ce dernier défaut, qui, du reste, est commun à presque tous les appa-

reils composés, mais sans entraîner d'aussi graves conséquences.

Malgré tout, la pile de Bunsen est d'une manipulation facile, ce qui explique son grand succès.

Nous avons dit que peu d'amateurs seraient tentés d'entreprendre la construction de cet appareil; néanmoins, en faveur de ceux qui voudraient en faire l'essai, nous donnons ici, d'après M. Reiset, la manière de confectionner les cylindres de charbon qui forment un des éléments de la pile.

Fabrication des cylindres de charbon pour les piles de BUNSEN.

On prépare un mélange intime et en poudre impalpable de 1 partie (en poids) de houille grasse et de 2 parties de coke; les proportions varient suivant la qualité de la houille, dont on augmente la quantité lorsqu'elle n'est pas assez grasse pour donner des charbons qui se mouillent bien.

Le mélange est introduit dans un moule cylindrique de tôle, au centre duquel on place un petit cylindre de bois ou de carton, afin de ménager dans le charbon une cavité intérieure et faciliter le dégagement des gaz pendant la calcination.

Ainsi rempli du mélange de charbon et de coke, le moule est fermé au moyen d'un couvercle mobile bien assujetti et luté exactement. On le chauffe ensuite progressivement jusqu'au rouge. On prolonge cette calcination jusqu'à ce que tout dégagement de gaz ait cessé.

Cette opération terminée, le charbon est retiré du moule; il peut alors se prêter au travail de la lime et de la scie, sans se briser; il pourrait même recevoir sur le tour la forme convenable.

Toutefois, avant de procéder à cette dernière opération, et pour donner plus de cohésion aux cylindres de charbon, il est indispensable de les tremper à plusieurs reprises dans une solution concentrée de mélasse, de les faire sécher, et de les soumettre à une nouvelle calcination aussi intense que possible.

Plusieurs cylindres peuvent subir ensemble cette dernière cuisson, en les renfermant dans un grand creuset de terre ou de fer, muni d'un couvercle bien luté, après avoir eu soin de remplir tous les interstices avec du coke pulvérisé, pour prévenir tout contact de l'air.

Il ne faut pas s'attendre à réussir du premier coup dans cette fabrication. Toutefois, si le mélange des charbons a été fait avec un soin judicieux, si le même soin a présidé aux

différentes calcinations, on peut être assuré d'obtenir des cylindres durs, cohérents, sonores et excellents conducteurs de l'électricité (1).

Pile de Bunsen simplifiée par le docteur H. Reinsch.

Jusqu'à présent on s'est servi, pour monter les batteries de platine et zinc d'acide azotique dans le vase au platine et d'acide sulfurique dans celle au zinc. Quelque énergique que soit l'action électrique de cette combinaison, elle présente un grand désavantage; c'est qu'après avoir été de 5 à 8 heures en activité, le zinc se recouvre d'une couche de petits cristaux de sulfate de ce métal qui interrompent le courant électrique et font cesser l'action. Aussi ces appareils ne sont-ils pas commodes dans la dorure, l'argenture, etc., sans compter qu'ils sont dispendieux. Sous ce rapport, les cylindres de charbon sont bien plus avantageux, quoique d'un prix toujours assez élevé, très-sujets à se briser, et dépensant une grande quantité d'acide azotique. Au lieu de cylindre en coke, on peut avec autant de succès, se servir de poudre de coke grossièrement concassée. De cette manière, il n'est plus nécessaire d'employer d'auges ou de vases d'une grande capacité. Ces vases occupent alors moins d'espace, ils consomment moins d'acide azotique, et leur action le cède peu à celle des vases de plus grandes dimensions. Du reste, ces rapports ne paraissent pas avoir encore été suffisamment étudiés, et on calcule toujours d'après la surface du métal excitateur, quoiqu'il semble qu'il doive y avoir bien d'autres conditions à prendre en considération.

Voici quelle est la disposition de cette batterie : On prend un vase en terre pouvant contenir de 50 à 60 grammes d'eau et on y introduit un petit morceau de coke. Dans ce morceau de coke, on perce un trou au moyen d'une râpe, dite queue de rat, d'un diamètre de 12 à 13 millimètres. Autour de ce morceau de coke on verse du coke concassé et délivré par le tamisage de la poudre fine produite par le concassage, et on humecte ce coke avec de l'eau régale dont il faut environ 30 grammes. Dans la cavité pratiquée dans le morceau de coke, on insère une tige de fer limée à blanc qu'il faut y enfoncer aussi profondément qu'il est possible et qu'on serre fortement par le haut avec un fil de cuivre qui à l'autre bout forme une anse. Sur le cylindre en zinc, qui consiste comme à l'ordinaire en une feuille de zinc amalgamé, on soude une lame de cuivre sur laquelle on applique avec pression le fil de cuivre du vase au coke le plus voisin.

(1) Quelques personnes ajoutent au mélange des charbons 2 parties de farine de seigle.

Trois éléments de cette espèce suffisent pour produire un courant qui décompose l'eau avec une telle énergie qu'il y a, aux deux fils polaires, une sorte d'ébullition due au dégagement rapide du gaz. Deux couples ainsi établis sont nécessaires pour la dorure et l'argenture. Dès qu'on n'a plus besoin du courant, on enlève le vase rempli de poudre de coke de la dissolution salée, et on le dépose dans un verre bien sec, dont le bord a été dépoli et qu'on recouvre avec une plaque en verre. Ces éléments peuvent rester en activité permanente pendant huit jours en conservant à fort peu près toute leur énergie. Enfin, lorsque la force de l'acide azotique est épuisée, on lave la poudre de coke et le morceau de cette substance avec de l'eau, on fait sécher, et ces mêmes matériaux peuvent reservir pendant des années entières, attendu qu'ils ne sont pas attaqués par l'acide azotique.

Perfectionnement à la pile de Bunsen, par M. E. GUIGNET.

Frappé des nombreux inconvénients qui résultent de l'emploi de l'acide azotique avec l'élément charbon de la pile de Bunsen, M. Guignet a recherché si l'on ne pourrait pas substituer à cet acide un liquide excitant, plus économique, et surtout exempt d'émanations délétères. Il est parvenu à atteindre ce but au moyen d'un mélange d'acide sulfurique du commerce et de peroxyde de manganèse. Ce dernier corps peut être ajouté même en excès à la solution; des expériences comparatives faites à l'école polytechnique, avec une pile ainsi chargée, et avec une batterie ordinaire de Bunsen, il est résulté :

1° Que la déviation produite sur une boussole de sinus a été exactement la même pour les deux piles;

2° Que les deux piles ont décomposé la même quantité d'eau dans le même temps.

Ainsi le courant produit par la nouvelle pile, ne le cède en rien à celui de l'ancienne sous le rapport de l'intensité; et, de plus, cette intensité reste constante jusqu'à ce que l'action de l'acide sulfurique sur le zinc soit épuisée.

Pile de Bunsen, modifiée par M. ARCHEREAU.

Avant de terminer ce qui a rapport à la pile de Bunsen, il nous reste à dire quelques mots sur une modification heureuse apportée à cet instrument, par M. Archereau, et qui a pour but de combiner ensemble les avantages de la pile de Bunsen et de celle de Grove.

Cette pile ainsi modifiée se compose d'un vase de verre rempli d'acide sulfurique étendu d'eau, et dans lequel on

fait plonger une lame cylindrique de zinc. Au milieu de ce vase, on place un diaphragme en terre poreuse qui contient de l'acide azotique et un fragment de coke. Des fils conducteurs fixés au zinc et au coke transmettent le courant électrique et forment les deux pôles de cette pile.

Ainsi qu'on le voit, cette disposition n'est en quelque sorte qu'une pile de Bunsen dont les éléments ont été renversés, en sorte que le zinc se trouve à l'extérieur et le charbon à l'intérieur; elle a en outre l'inconvénient de dégager des vapeurs rutilantes d'acide hypo-azotique. Cependant, grâce à l'énergie du courant qu'elle développe, elle est aujourd'hui fort usitée pour les opérations de la galvanoplastie, et surtout pour les expériences d'éclairage électrique.

Batteries constantes au graphite, par **M. C. W. Walker.**

Tout le monde sait combien le cuivre est impropre à la construction de batteries galvaniques quand il s'agit d'un service prolongé ou d'opérations industrielles, et d'un autre côté qu'il n'est pas possible sous le rapport économique de se servir de métaux plus précieux. Cette circonstance a déterminé M. Walker à chercher si l'on ne pourrait pas remplacer les métaux sous ce double point de vue et il lui a semblé que le graphite ou charbon des cornues à gaz devait remplir toutes les conditions désirées.

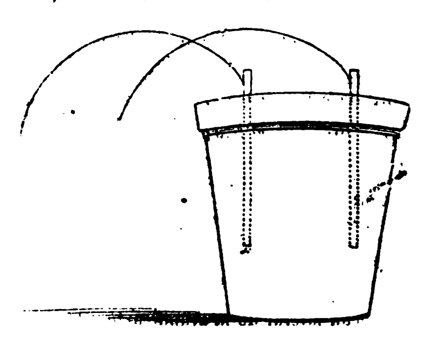
En conséquence il a fait choix de beaux blocs de ce graphite qu'il a fait découper en plaques de 10 centimètres de longueur sur 5 centimètres de largeur et 2 centimètres d'épaisseur. Il a réuni douze de ces plaques et les a mises en communication par des lames de cuivre avec des plaques de zinc soigneusement amalgamé. Le tout a été alors plongé dans une auge à douze cellules qu'on a remplie de sable et chargée avec de l'acide sulfurique étendu (1 acide et 15 eau) à la manière ordinaire. Enfin la batterie a été mise en rapport avec un appareil télégraphique correspondant avec un autre appareil semblable dans une autre localité, le tout formant un circuit d'environ 2,400 mètres de développement. Cette batterie, en fonctionnant avec l'appareil, a été soumise à une épreuve assez rude, puisque dans ce cas le travail était un minimum et le chômage un maximum; c'est-à-dire que l'appareil ne servait que le matin et le soir et qu'il restait à peu près oisif le reste de la journée. On a eu soin de ne point ajouter de liquide à cette batterie jusqu'à ce que les employés des stations déclarassent que les signaux ne se transmettaient plus qu'imparfaitement et qu'il fallait la raviver. L'épreuve a commencé le 5 avril 1849 et s'est terminée le 4 février

1851, et pendant cette période la batterie a été rafraîchie seulement vingt et une fois avec de l'eau et quelquefois avec de l'acide. La force de la batterie a faibli à des intervalles très-irréguliers, dans quelques cas les causes de cette différence n'ont pas été apparentes et n'ont pas été recherchées, mais dans la plupart des cas, elles ont été dues aux variations dans l'évaporation, provenant soit de la température extérieure, soit de celle du local. Dans toute cette période, on n'a pas touché au sable et l'eau acidulée n'a été ajoutée qu'au taux d'une cuillère à café par cellule. Une batterie ordinaire, cuivre et zinc, aurait exigé pendant cette intervalle de près de deux ans plusieurs nettoyages et réamalgamations et le zinc aurait dû être renouvelé. Pendant ce dit intervalle, une batterie de Londres avec cuivre, zinc et sable a été changée six fois, mais cette batterie presque toujours en activité n'est pas comparable sous les divers rapports avec celle en question. Une autre batterie du même genre, c'est-à-dire cuivre, zinc et sable, qui fonctionne pour transmettre des signaux dans un rameau latéral de la grande artère télégraphique et se trouve à peu près dans les mêmes conditions que celle au graphite, a été nettoyée et changée deux fois pendant le même intervalle, et au moment où cette note est écrite elle est épuisée et a besoin d'être remontée.

§ 7. Pile du prince Bagration.

M. Jacoby a publié la description d'une pile de construction entièrement nouvelle, qui, selon lui, l'emporte de beaucoup sur toutes celles qui ont été imaginées jusqu'à ce jour, et par la constance de ses effets, et par son extrême simplicité, et surtout par le peu de soin qu'exige sa manipulation. Cette pile, dont l'invention est due au prince Bagration, nous paraît de nature à opérer une révolution complète dans l'art de réduire les métaux, et nous ne doutons pas que son usage ne soit bientôt universellement adopté, car elle paraît complètement exempte des difficultés et des embarras attachés à l'emploi des autres appareils. En effet, avec la nouvelle pile on n'a plus à s'occuper du liquide excitant, objet d'une surveillance et d'un renouvellement continuels, si on veut le maintenir toujours au même degré de force. Par la même raison, les diaphragmes poreux, sources ordinaires d'un endosmose inévitable, sont complètement supprimés. En un mot, d'après les expériences de M. Jacoby, la pile Bagration peut fonctionner pendant six semaines et plus, avec une constante régularité, sans qu'il soit nécessaire d'y apporter le moindre changement.

Voici la manière de construire cette pile, tellement simple qu'elle pourra être établie dans toutes les localités et par la personne la plus étrangère aux manipulations chimiques :



On prend un pot à fleur ou tout autre vase un peu perméable à l'eau. On le remplit de terre saturée d'une dissolution assez concentrée de chlorure d'ammoniaque ou de sel ammoniac. On y place ensuite, à quelque distance l'une de l'autre, une plaque de cuivre et une plaque de zinc. On obtiendra ainsi un couple voltaïque, dont l'action pourra se maintenir constante pendant des mois entiers et même des années, pourvu qu'on ait soin d'humecter de temps en temps la terre, et de renouveler la plaque de zinc, lorsque, par un long usage, elle sera presque entièrement dissoute.

Avant de mettre la plaque de cuivre dans la terre, il est bon de la plonger pendant quelques minutes dans une solution de sel ammoniac, et de la laisser sécher jusqu'à ce qu'une oxydation prononcée se manifeste à sa superficie.

Il ne faut pas placer les deux plaques trop près l'une de l'autre; elle ne doivent pas non plus être trop petites, afin de pouvoir vaincre la résistance que la terre oppose au passage du courant.

Plusieurs éléments de cette pile peuvent être réunis en séries au moyen de conducteurs convenables. Elle devient alors susceptible d'un grand nombre d'applications, surtout dans les cas où l'on recherche moins des effets énergiques qu'une action constante, régulière et prolongée, par exemple, lorsqu'il s'agit de réduire les métaux à l'état très-malléable.

La batterie dont s'est servi M. Jacoby se composait de 24

éléments ; il recommande d'isoler avec soin les vases qui contiennent chaque couple.

Voici maintenant la théorie que M. Jacoby a essayé de donner de cette pile, sans toutefois en garantir l'exactitude et la précision : Suivant lui, « la constance d'action provient de ce que l'hydrogène qui devrait se développer à la surface du cuivre est employé à réduire la couche du double sel de ce métal, qui se forme par l'action chimique du sel ammoniac sur le cuivre, de telle sorte que la constance d'action pourrait être considérée comme l'expression d'une espèce d'équilibre entre cette action chimique et la réaction galvanique. La terre ferait ici l'office d'un diaphragme poreux qui empêcherait le sel de zinc d'aller se réduire sur le cuivre par l'action du courant, et qui s'opposerait en même temps à ce que le zinc puisse réagir chimiquement sur le sel de cuivre. Il n'est pas impossible non plus que la terre, comme tout corps poreux, absorbe les bulles d'hydrogène qui, dans les piles ordinaires, recouvrent l'élément négatif, et diminuent ainsi la force électrique. »

Sans nous attacher à discuter le mérite de cette théorie, nous recommandons vivement à tous les expérimentateurs l'emploi de la pile Bagration. Chacun peut facilement en faire l'essai, et de ces essais multipliés il doit résulter nécessairement des perfectionnements nombreux, qui contribueront à l'avancement de la science.

Durée des batteries galvaniques constantes enfouies en terre.

M. K. Kohn, ingénieur autrichien, assure qu'une batterie galvanique consistant en une plaque de cuivre et une plaque de zinc, chacune d'une surface de 30 décimètres carrés, plongées à 1m,50 de profondeur dans une terre de jardin, agissait, après quatre années, avec la même intensité sur le multiplicateur que le jour où l'on en a enfoui les éléments. Un pendule à secondes, avec un mouvement maintenu en action par ces éléments, ne présentait, au bout de ces quatre années, aucune diminution dans la force. En retirant ces éléments galvaniques de terre, on a trouvé que la plaque de cuivre était parfaitement nette et libre de toute oxydation, tandis que celle de zinc était recouverte d'oxyde.

Pile Bagration perfectionnée par le baron Gros.

Dans son remarquable ouvrage sur la photographie, M. le baron Gros a donné la description d'une pile qu'il emploie avec le plus grand succès pour argenter les plaques métal-

liques destinées à recevoir les images daguerriennes. L'idée primitive de cette pile présente une grande analogie avec le principe de la pile Bagration combiné avec celui de la pile de M. Sorel (page 331), mais les perfectionnements qui y ont été apportés par M. le baron Gros la rendent éminemment utile dans toutes les opérations d'électro-métallurgie.

La construction de cette pile est on ne peut plus simple :

On prend un vase de faïence ou de verre de forme cylindrique, d'une hauteur double de son diamètre et d'une contenance d'environ 2 litres, on perce au fond de ce vase deux ou trois petits trous pour faciliter l'écoulement du liquide excitant de la pile dont nous parlerons plus tard. Ces dispositions faites on remplit le vase de sable commun ou de grès pilé et on plonge dans ce sable à 5 ou 6 centimètres l'une de l'autre, une plaque de cuivre et une de zinc amalgamé. Ce sont les deux éléments de la pile. Pour la mettre en action, il suffit d'humecter complètement le sable contenu dans le vase, avec de l'eau acidulée par l'acide sulfurique et marquant 6° au pèse-acide.

On peut réunir en batterie plusieurs de ces piles lorsqu'on a besoin d'une plus grande intensité dans le courant. Un ou deux éléments suffisent pour le plus grand nombre des opérations d'argenture.

Le courant produit par ces piles est assez constant, mais il faut renouveler de temps en temps l'eau acidulée qui humecte le sable. C'est du reste le seul soin que réclament ces piles qui sont tout-à-fait exemptes d'endosmose, puisqu'elles n'ont pas besoin de diaphragme et qu'elles sont chargées au moyen d'un seul liquide.

On peut augmenter l'intensité de ces piles en mettant dans chaque vase 2 plaques de zinc entre lesquelles on place la plaque de cuivre. De cette manière les deux faces du cuivre sont utilisées.

Piles Bagration employées en Angleterre pour la télégraphie électrique.

On a appliqué en Angleterre le terme très-impropre de *batteries* à une série de combinaisons voltaïques, mais c'est cependant ainsi que nous les appellerons. Notre batterie de télégraphe consiste en un fort baquet de bois dur, ou de chêne, généralement de 76 centimètres de long sur 14 centimètres de large, divisé en vingt-quatre cellules par des cloisons d'ardoise, ce qui donne à chaque cellule une largeur d'environ 3 centimètres. Il y a aussi de plus petits ba-

quets de vingt cellules. La grande affaire est de rendre ce baquet étanche, avec du ciment ou de la glu-marine (1). Les plaques ont 0m112 sur 0m087, le zinc a 0m0046 d'épaisseur, et elles sont assemblées en couples par des bandes de cuivre de 0m025 de largeur rivées à chaque plaque. Un simple zinc commence la série, et un simple cuivre la termine. Les extrémités supérieures des couples sont vernies, dans un but de propreté et pour éviter la corrosion. Les couples de métaux sont placés à califourchon sur les cloisons d'ardoise, tous les zincs tournés du même côté. On met au fond des cellules une épaisseur de 0m025 de sable siliceux; le sable nous permet de transporter facilement d'un endroit à un autre une batterie chargée ; car nous n'introduisons juste que la quantité d'eau acidulée nécessaire pour saturer ce sable. Il sert aussi à modérer toute action irrégulière qui tendrait à se produire entre l'acide et le métal. C'est M. Fothergill Cooke qui a introduit ce système pour lequel il a une *patent*. La solution acide est formée d'une partie de bon acide sulfurique et de quinze parties d'eau. Je préfère augmenter le nombre de plaques pour une somme donnée de travail avec une solution plus faible, que de me servir d'une solution plus forte avec un moins grand nombre de plaques. Les dernières plaques de zinc et de cuivre de la série se terminent respectivement en cuivre, et c'est de ces deux bouts de la boîte que les fils sont conduits à l'appareil télégraphique. On varie le nombre des cellules suivant la distance qu'il y a entre les stations ; pour les petits groupes de dix à quinze milles, on emploie vingt-quatre cellules ; à Tonbridge nous avons quarante-huit cellules pour des distances de quarante à soixante milles ; de Douvres à Londres nous avons soixante-douze cellules. Nous employons dans ces cas plus de force que nous n'en avons besoin ; mais nous pouvons ainsi réparer les pertes qui peuvent avoir lieu par un mauvais isolement ou par un défaut quelconque.

(WALKER, *Télégraphe électrique*) (2).

(1) La glu marine est remarquable en ce qu'elle est complètement insoluble dans l'eau et fait naître une adhésion extraordinaire entre les pièces qu'elle sert à coller. Cette colle se compose de caoutchouc dissous dans l'huile essentielle de goudron et de gomme-laque. Les proportions employées sont de 450 grammes environ de caoutchouc pour 18 litres d'huile essentielle de goudron. Quand le caoutchouc est entièrement dissous et que le mélange a acquis la consistance d'une crème épaisse, ce qui a lieu après dix jours, on y ajoute deux parties en poids de laque, pour une partie de la dissolution. La matière est ensuite chauffée et coulée en plaques. Elle s'emploie à une température assez élevée, à 120 degrés environ. *(Note du Traducteur.)*

(2) Cet ouvrage, traduit par M. Magnier, fait partie de l'*Encyclopédie-Roret*.

§ 8. MOYEN DE RENDRE LE COURANT CONSTANT AVEC LA PILE DE WOLLASTON.

De tous les appareils galvaniques, le moins dispendieux est l'ancienne pile de Wollaston, à éléments de cuivre et de zinc, disposés de manière à ce que le cuivre entoure le zinc. Dans cette construction, l'auge qui renferme le liquide excitateur est séparée en autant de cellules qu'il y a de couples zinc et cuivre; et, pour établir le courant ou en suspendre l'action, il suffit de les plonger dans cette auge ou de les en retirer. Mais, excitée comme elle l'est ordinairement, soit avec le chlorure de sodium, soit avec l'acide sulfurique ou avec l'acide nitrique, elle présente l'inconvénient grave de ne point avoir un courant constant, et de ne pouvoir même fonctionner qu'autant que les éléments en sont fréquemment nettoyés. Aussi son usage est-il à peu près abandonné pour les opérations de la galvanoplastie.

Peut-être n'est-il pas sans intérêt de faire connaître qu'on peut en obtenir un excellent service, et en rendre le courant parfaitement constant, en l'excitant avec une solution suffisamment concentrée de sulfate de zinc, à laquelle on ajoute un peu de sulfate de cuivre et d'acide sulfurique. Ainsi disposée, cette pile marche avec la même intensité pendant plusieurs jours de suite, et non-seulement n'a pas besoin d'être nettoyée, mais plus elle sert, plus sa marche devient régulière, la solution de zinc se concentrant de plus en plus aux dépens des éléments qui la composent. Lorsque le courant commence à diminuer, il suffit d'ajouter de nouveau une petite quantité de sulfate de cuivre et d'acide sulfurique. On peut ainsi user cette pile jusqu'à la fin, sans renouveler le liquide excitateur.

§ 9. NOUVELLE BATTERIE PAR LE PRINCE DE LEUCHTEMBERG.

Dans une des dernières séances de l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg, S. A. I. le duc de Leuchtemberg, qui, comme on sait, s'occupe avec habileté de galvanoplastique, a communiqué à ce corps savant la note suivante :

« J'ai fondé, il y a quelques mois, à Saint-Pétersbourg, un établissement dans lequel on reproduit toute espèce d'objets par voie galvanoplastique. Le but de cet établissement a été de faire, dans sa patrie originelle, une application en grand de la galvanoplastique, qui a pris naissance en Russie, avec tous les progrès qu'elle a faits depuis qu'elle est née, et de l'amener au plus haut degré de perfection artistique et industrielle.

» A la suite d'expériences très-nombreuses qui ont été entreprises, et de travaux multipliés, je n'ai pas tardé à m'apercevoir que les procédés en usage jusqu'à présent, et qui réussissaient si parfaitement avec les petits objets, ne donnaient pas des résultats aussi satisfaisants avec ceux d'un gros volume. J'ai donc été obligé d'introduire, à titre d'essai, quelques modifications aux procédés actuellement connus.

» En effet, quand on fait usage d'une pile de Daniell, on est sujet à éprouver quelques mécomptes, et afin d'obtenir des produits irréprochables, j'ai cherché à remplacer le zinc par le fer, et j'ai augmenté la surface de ce métal, aussi bien que la force de l'acide.

» J'ai réussi à souhait dès les premières tentatives, et aujourd'hui ces batteries en fer sont appliquées en grand avec succès. Le sulfate de fer, qui forme le résidu, est même placé avantageusement.

» J'ai essayé aussi la batterie coke et zinc (pile de Bunsen); mais cette batterie présentait à mes yeux des défauts que j'ai cherché à écarter. Les gaz qui se dégagent de l'acide nitrique sont très-désagréables à respirer, et même doivent, quand on travaille sur une grande échelle, nuire à la santé de l'opérateur et des ouvriers. D'ailleurs une analyse a démontré que le sulfate de fer renfermait ainsi une quantité assez notable d'acide nitrique, qui rendait difficiles les applications de ce produit, ou nécessitait un traitement particulier des liquides.

» L'idée me vint alors d'abandonner entièrement l'acide nitrique, et de ne me servir que d'acide sulfurique. Il en est résulté une nouvelle batterie, c'est-à-dire une batterie coke et fer à un seul liquide excitateur. J'ai mis cette batterie à l'épreuve avec deux couples seulement, et j'ai obtenu une déviation de 28° à l'aiguille aimantée, et de 17° après vingt-quatre heures.

» Dans les expériences indiquées ici, la quantité et la force de la liqueur qui baignait le métal positif, ainsi que la surface des éléments, ont été absolument les mêmes. Toutefois j'ai voulu encore accroître la force de cette batterie, et je l'ai montée en conséquence à trois couples, l'acide du coke marquant 27°, et celui du fer 10° à l'aréomètre de Baumé. L'aiguille a dévié jusqu'à 50°, et un objet s'est doré en un clin d'œil, dans la véritable acception du mot.

» Cette batterie, qui manque de force, mais que j'espère perfectionner sous ce rapport, a, sur toutes celles en usage jusqu'à ce jour, le grand avantage que son entretien n'occasionne presque aucun frais, puisque l'acide sulfurique et le

fer fournissent un produit qui couvre suffisamment leur propre dépense, et que le coke a toujours sa valeur comme combustible.

» Je me propose d'entreprendre des expériences rigoureuses sur toutes les batteries connues; seulement je ferai remarquer que ces expériences auront plutôt un but pratique qu'une tendance purement scientifique. »

§ 10. NOUVELLE PILE ÉLECTRO-CHIMIQUE DE M. DELAURIER.

Voici la description d'une pile électro-chimique excessivement simple, bien plus constante que la pile de Bunsen, pouvant donner presque autant d'électricité, à volume égal, quand le vase est bien poreux, et n'ayant pas le désagrément de dégager des vapeurs acides. C'est tout simplement en prenant un cylindre plein de zinc *z*, fig. 48 de la planche, qu'on introduit dans un vase poreux *pp* avec de l'eau pure qui le remplit presque en entier. Ce vase poreux est lui-même plongé dans un autre vase *v* contenant de l'acide sulfurique étendu de 5 à 10 fois son poids d'eau, selon que l'on veut avoir plus ou moins d'électricité. Il ne faut pas employer de l'acide sulfurique concentré; car, au bout de vingt-quatre heures, la pile ne marcherait presque plus, et un précipité abondant de sulfate de zinc se rassemblerait dans l'acide et boucherait les interstices des vases poreux : c'est que probablement l'acide attire l'eau saturée de sulfate de zinc, et précipite ce dernier qu'il ne peut dissoudre. Je conseille, en outre, de ne pas employer de charbon pour pôle positif de la pile, car il se produit alors de l'hydrogène sulfuré en abondance et de l'acide carbonique provenant de la décomposition de l'acide sulfurique par le charbon en présence de ce courant électrique; d'ailleurs le charbon n'est réellement utile dans la pile de Bunsen que parce que le cuivre serait attaqué par l'acide nitrique. On sait en outre que le platine peut le remplacer avec avantage, et j'ai observé que du cuivre bien décapé donnait presque la même déviation de l'aiguille avec un élément de pile, en mettant tour à tour un pôle cuivre et un pôle platine dans cet élément : il est vrai que le circuit était extrêmement court. Le cuivre *c* est très-légèrement attaqué dans cette pile, et ce n'est qu'à la longue qu'il éprouve de l'altération.

Ceux qui ont employé la pile de Bunsen savent combien est irrégulier et de peu de durée le courant, assez puissant il est vrai, qu'elle produit, mais qui est d'autant plus variable qu'il y a plus d'éléments dans la pile, parce que l'irrégu-

vité provient souvent de dépôts d'oxyde de zinc qui altèrent la conductibilité. On verra par la suite dans ce mémoire que j'emploie une véritable pile de Volta pour donner de la tension, et que c'est aussi un moyen de régulariser la production de l'électricité.

Une modification heureuse que j'ai ajoutée à ma nouvelle pile pour lui faire produire plus d'électricité et afin qu'elle ne dégage aucun gaz, c'est de mettre un sel qui se réduit en partie par l'hydrogène et qui reprend à l'air atmosphérique l'oxygène qu'il a perdu. J'ai essayé d'abord plusieurs persels de fer et de manganèse sans réussir; mais enfin le nitrate de potasse m'a donné de très-bons résultats, et comme il ne dégage aucun des gaz composés d'oxygène et d'azote, je conclus que le nitrate qui se forme absorbe à l'air l'oxygène qu'il a perdu et qui s'est combiné à l'hydrogène.

J'ai voulu savoir si la réduction du salpêtre avait lieu par l'hydrogène naissant seul ou à l'aide du courant électrique; pour cela j'ai plongé un morceau de zinc dans une dissolution saturée de nitrate de potasse, contenant $^1/_{100}$ d'acide sulfurique ou chlorhydrique environ, et avec cette quantité et d'autres variables d'acide et de nitrate, pourvu qu'il y ait assez de ce dernier composé, je n'ai pu obtenir d'hydrogène, et il ne s'en dégage pas non plus des composés de l'azote. Peut-être le nitrate de soude, plus économique et contenant davantage d'oxygène, vaudra-t-il encore mieux que le nitrate de potasse, mais je n'ai pas essayé.

Cette pile excessivement simple produit des courants d'une intensité et d'une constance remarquables. J'ai eu pour celle que j'ai fait construire, une déviation qui de 14° est descendue, au bout de quinze jours seulement, à 12°, avec une aiguille peu sensible, en faisant passer sur l'aiguille le fil d'un élément présentant un circuit de 50 centimètres et de la grandeur d'une pile de Bunsen ordinaire. Le courant serait donc à peu près de la force de celui d'un élément de la pile de Bunsen sans acide sulfurique, comme cela est nécessaire pour avoir quelque consistance. Elle serait donc à la fois la pile la plus économique, la plus constante et la plus puissante des piles à courant constant; elle n'a pas, il est vrai, la durée des piles simples de M. Becquerel, mais c'est encore la plus durable comme pile de force, et on peut d'ailleurs, en la construisant de la même manière, la rendre aussi durable qu'elles.

C'est surtout en unissant un grand nombre d'éléments semblables que l'on peut en reconnaître l'avantage; en effet, il n'y a pas de perte par inconductibilité électrique, comme dans la pile de Bunsen, où le charbon est souvent mauvais con-

ducteur, et où il se dépose souvent de l'oxyde de zinc qui met obstacle à cette conductibilité. J'ai vu des piles de soixante éléments de Bunsen ne donnant pas plus d'électricité qu'un seul élément, parce qu'il se trouvait dans la pile un élément conduisant mal; et quelquefois tout-à-coup la pile marchait avec une grande activité, sans qu'on y eut touché, et donnait en une demi-heure plus de précipitation de métaux qu'en vingt-quatre heures dans d'autres moments.

Ces moyens mécaniques et chimiques pour obtenir des courants très-constants et à bon marché, ne m'ont pas semblé encore assez parfaits, car on ne peut obtenir la quantité d'électricité que l'on désire, et cette quantité varie avec la porosité du vase et avec le degré d'acidulation de l'eau. Pour obtenir un courant parfaitement constant, voici le moyen que je propose :

Une bouteille *b*, fig. 49, contenant de l'eau acidulée *a* avec de l'acide sulfurique et du nitrate de potasse, est renversée et communique avec la pile au moyen d'un tube *e*; le niveau de l'eau acidulée dans la pile est toujours maintenu naturellement à la hauteur d'une entaille faite dans le tube *e*.

c est une lame cylindrique de cuivre qui pose sur le fond du vase *f*. En cet état l'eau acidulée passe dessous le cuivre, remonte en léchant les parois du zinc *z*, puis ressort par des trous percés dans ce zinc ; *f* est un vase qui renferme la pile, il est percé presque en haut d'une ouverture qui communique avec un tube à robinet *l*; le robinet *h* sert à obtenir un écoulement plus ou moins rapide et à donner plus ou moins d'électricité. Le tube *l* plonge dans un vase *d* contenant de l'eau pour que la dissolution saturée de sulfate de zinc ne cristallise pas et n'obstrue pas les parois intérieures du tube.

Ici l'emploi du nitrate de soude n'est pas aussi important que dans la pile précédente, et il s'y perd en grande abondance. Il ne sert alors qu'à empêcher la production de l'hydrogène dans le cas où il incommoderait trop.

Cette disposition du couple voltaïque est plus coûteuse que la précédente, mais on a un courant parfaitement constant, que l'on peut faire varier à volonté et qui peut produire beaucoup plus d'électricité, ce qui a une grande importance pour les recherches scientifiques et même pour les applications industrielles.

Il ne se perd pas beaucoup d'acide dans l'eau qui s'écoule par la manière dont je dispose le courant liquide qui lèche seulement le zinc avec de l'eau acidulée. Les trous dans le zinc doivent être placés dans le haut, principalement pour

que le métal soit attaqué plus vivement du côté du cuivre, c'est-à-dire intérieurement.

Comme cet appareil est un peu compliqué, il faut le construire bien plus grand que les éléments ordinaires, si on veut obtenir autant d'électricité que dans une pile usuelle; car on sait que la quantité d'électricité est plus grande quand l'élément a plus d'étendue à acidulation égale ou quand on augmente l'acidité dans le même élément; mais d'un autre côté la tension y est bien moins forte que dans une pile donnant autant d'électricité, c'est-à-dire, la force qui empêche la recomposition de l'électricité dans le couple est infiniment moindre que dans la pile ordinaire; c'est pourquoi je propose d'ajouter à cet élément deux piles sèches suffisamment conductrices de l'électricité, c'est-à-dire des piles donnant très-peu d'électricité, mais produisant une forte tension ou plutôt une batterie de très-petits éléments ayant des vases peu poreux. De même que la première pile que je propose, cette batterie donnerait très-peu d'électricité par elle-même; elle serait bonne conductrice de l'électricité, les métaux étant peu éloignés l'un de l'autre et donnant beaucoup de tension et par suite d'intensité à l'électricité. On pourrait mettre cette petite batterie entre deux grands éléments, ce serait le meilleur moyen.

On pourrait produire le même résultat avec des couples à faible courant constant de M. Becquerel; on les placerait de la même manière entre deux grands éléments.

J'ai oublié de dire que la pile à vases poreux, sans niveau d'eau, produit deux fois plus d'électricité quand on y ajoute du nitrate de potasse; comme alors l'hydrogène dégage plus d'électricité en se combinant à l'oxygène, que le zinc en se substituant à l'hydrogène, il en résulte que l'on peut substituer au zinc dans cette pile la fonte de fer, qui, étant bien plus économique que ce premier métal, pourra produire une force motrice qui ne coûtera pas plus que la vapeur, surtout à l'aide de mon application nouvelle de la pile à très-petits couples pour donner de la tension aux grands, et du moyen indiqué dans le grand ouvrage de M. Becquerel pour donner plus de puissance aux électro-aimants, qui consiste à remplacer une masse de fer par des fils de fer, et qui en effet produit une force d'attraction infiniment plus grande.

J'ai observé à cet sujet, et cette observation pourrait être utile dans le cas où on voudrait utiliser la force répulsive, qu'il faut mettre dans l'intérieur de la bobine d'électro-aimant une quantité de fils de fer proportionnelle à la quantité d'électricité qui passe; j'ai fait cette remarque en plaçant

une bobine à une légère distance d'une aiguille aimantée, mettant les pôles de noms semblables le plus près possible les uns des autres, faisant passer des courants plus ou moins puissants dans la bobine, et plongeant dans l'intérieur un plus ou moins grand nombre de fils de fer doux.

Le peu d'électricité produit par l'action chimique du fer tient bien plus, je crois, à ce qu'il se forme naturellement peu d'électricité dans sa combinaison avec les acides plutôt que parce qu'il se produit des contre-courants. Telle est mon opinion là-dessus, mais je puis me tromper. Dans les localités où se fabrique la soude artificielle, l'acide chlorhydrique étant presque pour rien, la force électrique pourra coûter quatre fois moins que celle de la vapeur.

Pour faire saisir plus complètement la différence qui existe entre mon couple à vase poreux et un couple Bunsen, il suffit de dire que je remplace le charbon par du cuivre, ou de l'argent, ou du platine, ou du cuivre platiné ; que je remplace l'acide nitrique par de l'acide sulfurique étendu, et que dans le vase poreux je mets du zinc (non amalgamé par économie) et de l'eau pure ou plutôt encore de l'eau contenant du nitrate de potasse.

Il est vrai que le charbon donne beaucoup de tension, car la tension paraît être d'autant plus forte que les corps élémentaires qui composent les couples sont plus éloignés dans la série électro-chimique ; mais les moyens que j'emploie pour donner de la tension font disparaître ce léger inconvénient, qui n'en serait pas un d'ailleurs en employant du platine ou simplement du cuivre platiné, le platine étant très-rapproché du charbon dans la série électro-chimique et sa surface étant toujours propre. Une chose qui peut sembler étrange au premier abord, c'est que plus il y a d'éléments dans une pile Bunsen, plus il y a d'irrégularité dans le courant qui en provient, si on unit les éléments de manière à donner toute la tension possible ; il suffit, en effet, qu'il y ait un élément mauvais conducteur pour qu'il passe fort peu d'électricité, malgré la grande tension, et plus il y a d'éléments de pile, plus cette cause doit se présenter, ce qui n'aurait pas lieu en réunissant de même mes éléments de pile, par la raison qu'il n'y a naturellement aucun corps mauvais conducteur et qu'il ne s'en produit aucun ; ce serait donc surtout avec un grand nombre d'éléments, que la puissance de cette pile serait manifeste si on accordait la préférence à mon procédé pour donner de la tension à un grand élément.

§ 11. NOUVELLES BATTERIES GALVANIQUES A EFFET CONSTANT DE MM. BRETT ET LITTLE.

On a éprouvé jusqu'à présent de graves inconvénients dans le service des télégraphes électriques, relativement aux batteries galvaniques, par suite de la formation du sulfate de zinc qui, adhérant aux plaques à mesure qu'il se forme, s'oppose ainsi de plus en plus à l'action de l'acide sur le métal, jusqu'à ce qu'enfin les batteries devenant sans puissance et inertes, les fonctions des télégraphes sont irrégulières, incertaines ou nulles.

C'est pour remédier à ces inconvénients que MM. Brett et Little viennent de prendre en Angleterre une patente pour une nouvelle batterie à laquelle ils ont appliqué le nom de *batterie hydraulique*.

Cette batterie, construite pour maintenir une force constante et invariable, se compose d'un réservoir *a*, fig, 51 de la Pl., placé au-dessus de l'auge ou batterie *c, cc* contenant les plaques. Ce réservoir renferme une provision constante d'acide sulfurique étendu ou autre liquide excitateur qui coule goutte à goutte à travers de petits cônes ou entonnoirs *b b b*, dans les cellules de l'auge ou batterie placée au-dessous, cellules qui sont pourvues elles-mêmes au fond de petits cônes ou entonnoirs *d*, *d*, *d*, remplis en partie comme les premiers de sable siliceux et par lesquels s'écoule le sulfate de zinc aussi rapidement qu'il se forme. Plus récemment, M. C. Massi a inventé une autre batterie d'après les mêmes principes, à laquelle il a appliqué le nom de *batterie galvanique à filtration*, et dont il a donné la description en ces termes :

Cette batterie se distingue surtout par la forme particulière de l'auge et parce qu'on n'y dépense qu'une faible quantité de liquide excitateur pour obtenir une force constante, et de plus parce qu'il faut beaucoup moins d'attention pour remplir les cellules qu'on n'est obligé d'en avoir avec les batteries actuellement en usage. La nouveauté du procédé consiste à pratiquer une ouverture dans le fond ou près du fond de l'auge dans chaque cellule, afin que le liquide excitateur, en filtrant à travers le sable, le charbon ou autre substance propre à la filtration avec laquelle on remplit en partie l'auge, puisse trouver un passage et s'écouler dans un réservoir placé au-dessous.

On a représenté en élévation et en coupe cette nouvelle batterie dans les figures 52 et 53 de la planche.

a, *a* est le bâtis ou la cage qui, dans sa partie supérieure,

supporte un vase *b* contenant le liquide excitateur lequel se distribue par les petits tubes *c*, *c* aux différentes cellules renfermées dans l'auge *d*, *d* que contient la cage *a*, *a*. Chaque cellule est également pourvue à sa partie supérieure d'un autre bout de tube *e* dans laquelle on a placé un petit morceau d'éponge ou autre substance convenable, propre à s'opposer à l'écoulement trop rapide de la liqueur dans le réservoir *f*, *f* placé au-dessous. Les tubes *c*, *c* sont également pourvus de tampons d'éponge pour empêcher l'afflux trop considérable du liquide dans la batterie.

Aussitôt après que le sable qui charge l'éponge est saturé de liquide excitateur, chaque nouvelle goutte de ce liquide qui coule dans les cellules est suivie d'une goutte semblable de liqueur saturée qui découle dans le réservoir ; de manière à produire ainsi un renouvellement continuel des liquides.

Dans la pratique, l'auteur assure avoir remarqué que les plaques de métal résistaient à l'action dissolvante du liquide bien plus longtemps que quand on les suspendait dans une liqueur stagnante.

§ 12. BATTERIE CONSTANTE, EN FONTE DE FER ET DE CUIVRE, PAR M. H. RYHINER.

Cette batterie se compose des pièces ci-après :

1° Des cylindres en fonte de fer, qui, pour augmenter leur surface, sont pourvus à leur périphérie intérieure de dents ou mamelons pyramidaux disposés en série et de 8 à 9 millimètres de hauteur sur autant de base. En deux points opposés de ces cylindres mamelonnés à l'intérieur, sont venus de fonte sur les bords deux prolongements d'environ 25 millimètres de largeur et 40 à 50 millimètres de hauteur, qui servent tant à soulever les cylindres de la batterie qu'à y appliquer le fil ou la lame qui sert de conducteur. La hauteur de ces cylindres est de 16 centimètres, et leur diamètre intérieur du sommet d'un mamelon à l'autre de 10 centim.

2° Des cylindres poreux d'argile, de toile épaisse, ou mieux de grosse toile recouverte de papier. On indiquera plus bas la préparation de ces cylindres dont le diamètre est de 9 centimètres et la hauteur de 21 centimètres.

3°. Des cylindres de plomb en feuilles qui doivent être introduits dans ceux en terre ou en toile, et sont pourvus par le bas de fentes et d'ouvertures dans leurs parois. Ces cylindres en plomb, quand le circuit est fermé, se couvrent très-rapidement de cuivre et fonctionnent alors comme s'ils étaient en feuille de cuivre : je les préfère à ceux-ci, parce

qu'ils se tiennent fermés par leur poids et parce que le cuivre, aussitôt qu'on lui donne une certaine épaisseur, peut se dédoubler ou s'écailler facilement. Leur hauteur est à peu près de 22 centimètres.

4° Des bandes de laiton recuit pour servir d'électrodes qu'on assujettit à la soudure d'étain sur chacun des cylindres en fer et en plomb. Les points de soudure, ainsi que les parties environnantes, sont recouverts de plusieurs couches de vernis au succin; il en est de même de la partie supérieure des cylindres en plomb, mais non pas celle qui plonge dans la liqueur. On établit la communication entre ces bandes de laiton au moyen de pinces à ressort qui doivent également être vernies à l'extérieur.

Chaque élément de Volta est introduit dans une caisse en bois de sapin qui n'a pas été saigné, et enduite de poix. Au fond de cette caisse ou cellule est posé un croisillon en bois, tant pour empêcher le cylindre pesant en fonte d'adhérer que pour établir une voie pour la circulation du liquide à l'intérieur et à l'extérieur du cylindre. La hauteur de cette caisse est la même que celle du cylindre en plomb. On peut y adapter un convercle par une fente duquel on fait passer la lame de laiton qui établit la communication.

On charge la batterie, d'une part avec une solution concentrée de sulfate de cuivre, et de l'autre avec de l'eau salée, Dans la première de ces solutions, on introduit le cylindre en plomb; dans la seconde, celui en fonte. Ce dernier n'a jamais besoin d'être nettoyé, opération, comme on sait, si fastidieuse avec les batteries en zinc. Les enduits les plus épais de rouille se dissolvent promptement d'eux-mêmes. L'eau salée peut servir des mois entiers avant qu'il commence à s'y déposer des cristaux. Dans des opérations prolongées, par exemple dans celle de la galvanoplastique, on suspend des sachets en toile ouverts par le haut à l'intérieur du cylindre en plomb, et on les remplit fréquemment de sulfate de cuivre en poudre. Parfois il est bon d'ajouter quelques gouttes d'acide sulfurique étendu. Dans la dorure et autres travaux où il n'y pas d'interruption, il vaut mieux évacuer fréquemment la dissolution cuivreuse et la remplacer par une nouvelle. On passe la dissolution décantée à travers un filtre et on la reçoit dans un vase, où on la tient en provision : on y ajoute aussi parfois quelques gouttes d'acide sulfurique étendu, et on a soin qu'il y ait toujours excès de vitriol de cuivre, afin que la solution qui a servi et est en partie épuisée soit de nouveau bien saturée.

Il convient de veiller toujours à ce qu'il ne s'introduise pas

de dissolution de sulfate de cuivre dans le cylindre en fer; autrement le cuivre qui se réduit se dépose sur ce métal, et altère et même fait cesser l'action électro-chimique.

Les cylindres en fer sont peu attaqués, et d'après une expérience qui date déjà d'environ six mois, je crois qu'ils peuvent hardiment servir une année.

Les cylindres en terre ou en toile de chanvre laissent toujours filtrer une quantité plus ou moins grande de la dissolution cuivreuse; j'ai cherché à y mettre obstacle par le procédé suivant. On forme par le moyen de la couture et avec une toile épaisse, ou mieux une étoffe croisée et forte, des sacs de diamètre convenable; on tend les sacs sur un manchon en tôle qui sert à les maintenir, et à l'aide de colle de pâte on y applique trois ou quatre doubles de gros papier collé, et enfin un morceau de toile fine afin de garantir le papier de toute atteinte pendant qu'il est ramolli. Par le haut on laisse un peu passer la paroi extérieure du papier, et on la replie et la colle en dedans. Alors on retire le moule en métal, et dans le cylindre encore humide, on introduit par le bas un disque en bois pourvu d'une rainure à la périphérie extérieure. Cette rainure sert à arrêter fortement avec un gros fil la portion inférieure du cylindre; on laisse sécher complètement cette pièce, puis on y introduit de nouveau le manchon en tôle, qu'on chauffe au moyen de sable chaud qu'on y agite pendant quelque temps, puis on verse dans le cylindre une cuillerée de cire en pleine fusion à laquelle on a ajouté autant de colophane, et on laisse refroidir. Le moule en fer ne sert qu'à garantir les parois du cylindre en papier contre le contact de la cire. Enfin on trempe le bord supérieur de ce cylindre en papier dans un vernis au succin, afin que la liqueur dont il va être rempli ne s'y élève pas par capillarité, et ne le ramollisse pas. Ces cylindres, faciles à préparer soi-même, sont d'un très-bon service et durent fort longtemps. Quand on les relève de la batterie, on les plonge, avant de les faire sécher, pendant douze ou quinze heures dans de l'eau de pluie, afin de les débarrasser des sels. Quand ils sont très-secs, l'action *maxima* de la batterie ne commence à se manifester que lorsqu'ils sont de nouveau pénétrés et que la liqueur employée les baigne partout.

Cette batterie fonte et cuivre opère avec une constance remarquable : elle n'a, il est vrai, qu'une faible influence sur l'aiguille aimantée; néanmoins elle jouit d'une plus grande force de réduction sur les solutions de sels métalliques que la batterie ordinaire avec le zinc. Trois éléments de dimensions indiquées suffisent complètement pour dorer des objets ordinaires.

Je ferai connaître plus loin quelques opérations auxquelles on peut appliquer cette pile (1).

§ 13. PILE GALVANIQUE A FORCE CONSTANTE, PAR M. H. BUFF.

Dans beaucoup de travaux scientifiques, et un grand nombre d'opérations pratiques, on éprouve la nécessité de posséder une pile galvanique, de force constante. Les piles ordinaires dites constantes ne satisfont pas complètement à cette condition, défaut qu'il ne convient pas d'attribuer au principe de leur construction, mais à des influences nuisibles secondaires. En cherchant à atténuer autant que possible ces influences, je suis parvenu à apporter, dans la pile bien connue de Daniell, des changements tels que, dans son emploi, il n'a pas été possible de découvrir, depuis le milieu de juillet jusqu'au commencement d'octobre, le moindre affaiblissement dans son activité, et qu'il n'a pas été nécessaire de la démonter.

La force de courant qu'une pile aussi simple qu'on va décrire est capable de développer, quoique la résistance de conductibilité y soit augmentée par l'emploi du sulfate de zinc au lieu d'acide sulfurique dans la cellule au zinc, est plus que suffisante pour faire fonctionner, par exemple, les télégraphes électiques, parce qu'alors, avec un courant qui doit parcourir ainsi une longue route, cette résistance de conductibilité ainsi accrue n'a pas grande importance. Je ne doute pas que ma pile, appliquée à cet usage, ne remplace bientôt toutes les autres combinaisons connues.

La cause principale des changements qui s'opèrent peu à peu dans la pile de Daniell, c'est l'endosmose qui transporte la solution de cuivre dans celle du zinc (qu'on emploie au lieu d'acide sulfurique pour empêcher que celle-ci ne se transforme par le transport en sulfate de zinc). Non-seulement il y a du cuivre précipité ainsi par la voie chimique ordinaire et un équivalent de zinc perdu pour l'action électrique, mais de plus le cuivre précipité sur la surface du zinc modifie l'état de la surface du métal électro-positif, et donne ainsi naissance à des courants secondaires qui favorisent une nouvelle précipitation du cuivre et une perte considérable en zinc. Ces courants locaux sont également cause que les pores de la cellule en terre se remplissent peu à peu de cui-

(1) Voir les chapitres intitulés : *Dérochage du laiton et réduction du fer par voie galvanique.*

vre métallique, et qu'enfin ce métal apparaît sur la face extérieure de la cellule. Par la disposition qui suit on réduit au minimum l'influence de l'endosmose.

Un vase en verre *i,i*, à bords dépolis, fig. 54, est recouvert par un couvercle fermant bien *d,d*, qui est percé de trois ouvertures destinées à recevoir trois tubes cylindriques en verre. Le tube *r,r*, qui pénètre dans l'ouverture du milieu, qui est la plus grande possible, est fermé par le bas par une vessie. Des deux autres tubes, l'un *a,a* descend jusque dans une couche de mercure qui recouvre le fond, et l'autre *b,b* débouche immédiatement à la surface de ce mercure. Le vase est rempli avec du sulfate de zinc jusqu'à la la hauteur *g,h*, de façon que la liqueur baigne la cloison poreuse. Dans le cylindre *r,r* on charge la solution cuivreuse mélangée à des morceaux solides de sulfate de cuivre. Si dans cette dernière liqueur on introduit une lame ou même un simple fil de cuivre *c*, puis dans le tube *a* un fil de zinc *z*, et qu'on mette en communication *c* avec *z* par un bon conducteur de l'électricité, il en résulte un courant d'une constance parfaite, puisqu'il se dissout constamment du zinc dans le mercure en quantité suffisante pour l'entretien d'une activité uniforme.

L'endosmose, par cette disposition, n'est pas, il est vrai, complètement évité, mais il se produit avec une extrême lenteur, parce que la dissolution du sulfate de zinc se fait plus difficilement que celle du sulfate de cuivre. Le fil de zinc plonge et descend à mesure que son extrémité inférieure se dissout.

Pour pouvoir remplacer facilement le sulfate de cuivre sans arrêter le courant, on a coupé le bouchon de liège que porte le vase de cuivre, de manière qu'on puisse en enlever un segment et découvrir une ouverture sans ôter le cuivre de place. Au moyen du tube *b* on peut au besoin retirer un peu de sulfate de zinc et le remplacer par de l'eau.

Une expérience comparative servira à indiquer combien cette disposition est supérieure à celle ordinaire de Daniell.

Une pile ordinaire de Daniell dans le circuit de laquelle on avait introduit un long multiplicateur a accusé d'abord 78°, puis après neuf jours de marche 33° seulement de déviation, tandis qu'une pile de la construction décrite, avec introduction du même multiplicateur qui donnait en commençant une déviation de 77°.5, n'a pas présenté de changement au bout de neuf jours. Dans la pile de Daniell, on a consommé (par suite des influences locales indiquées) cent soixante-huit fois plus de zinc, et dans la nouvelle pile sept

fois seulement dans le même temps que celle qui est nécessaire d'après les lois des électro-moteurs pour la production du courant, de façon que la nouvelle disposition présente non-seulement une plus grande constance, mais est sans comparaison beaucoup plus économique à raison des pertes moindres en zinc.

§ 14. PILE ÉLECTRIQUE A UN SEUL LIQUIDE, PAR M. GRENET.

M. Bunsen a signalé le premier le bichromate de potasse aux électriciens, en appelant en même temps leur attention sur les inconvénients que présente ce liquide associé avec des électrodes ou charbon fabriqué.

Plus tard, l'emploi du bichromate de potasse a été proposé par des chimistes anglais, les docteurs Leeson et Warington. Ce dernier crut obtenir plus d'énergie avec le platine qu'avec le cuivre et le charbon, opinion qui fut rectifiée par les expériences de Poggendorff.

Mais Poggendorff ne résolut point le problème et se trouva arrêté par suite de ce que, dans ses expériences, il trouva que le charbon et le zinc se couvraient très-promptement d'un fort dépôt d'oxyde de chrome.

Ce qui avait échappé à ce physicien, c'est que l'oxyde de chrome jouit de la propriété de se dissoudre dans un liquide riche en acide chromique, surtout quand ce liquide est agité et que l'agitation est produite par de *l'air insufflé* directement sur les éléments : car l'oxygène agit d'une manière efficace, soit en se dissolvant dans le liquide, soit en augmentant l'oxydation du zinc.

M. Grenet, en utilisant cette propriété, a pu combattre la décroissance du courant électrique et obtenir une pile constante et énergique à un seul liquide avec des appareils simples et d'une construction économique.

Cette pile se compose de plaques en charbon et de plaques en zinc ou en fer, placées alternativement sur un châssis à rainures qui maintient leur écartement.

Toutes les plaques de même substance sont réunies par un conducteur commun en cuivre.

Les conducteurs et leurs points de jonction avec les plaques sont recouverts d'une manière isolante.

Le fond du châssis à rainure est creux et est percé de petits trous verticaux qui correspondent aux intervalles des plaques. Le fond de ce châssis communique à un tube qui se rend à un appareil d'insufflation d'air.

Ce châssis est muni d'une poignée pour le service de la pile.

Le liquide excitateur est de l'eau acidulée d'acide sulfurique, depuis un cinquième jusqu'à un centième, et du bichromate de potasse à saturation.

Ce liquide est mis dans un vase approprié à l'usage que l'on désire. Il n'est pas indispensable, si le liquide est abondant par rapport à la dimension de la batterie, d'en faire le renouvellement par un écoulement; mais, dans le cas contraire et pour un usage continu, le renouvellement du liquide peut se faire, soit par masse de temps à autre, soit par un écoulement constant.

Aussitôt que l'on plonge la pile dans le liquide, on fait jouer la soufflerie, l'air chasse le liquide qui se trouve dans le fond du châssis, et, en sortant avec force par les petits trous verticaux, l'agite violemment; le courant est constant tant que dure l'insufflation et le même état du liquide

Le liquide ayant servi peut être saturé de nouveau; il peut servir à de nouvelles opérations, jusqu'à ce qu'il soit trop chargé de sels solubles. Dans ce cas, on peut tirer parti des résidus.

Le service de la pile terminé, on plonge la batterie dans l'eau fraîche; on peut aussi se servir de l'insufflation pour le nettoyage.

Les batteries, pour produire des effets de tension ou des effets de chaleur, peuvent être disposées, comme les *piles* à la Wollaston, de Munck, de Smee, etc., et en y appliquant l'insufflation, et en employant le bichromate de potasse, comme liquide excitant.

M. Emile Barrault, en présentant cette nouvelle pile à la Société des ingénieurs civils, a fait observer que l'insufflation constante et la permanence de l'état du liquide, dont l'emploi simultané forme la base de ce système, sont toutes deux indispensables à l'entretien du courant énergique et constant. Si l'on se bornait à adopter l'un ou l'autre de ces deux procédés, le résultat serait incomplet et l'appareil hors d'état de rendre un service durable. En effet, lorsqu'on arrête l'écoulement, le liquide excitateur s'appauvrissant de plus en plus, le courant décroît. Aussitôt qu'on arrête l'insufflation, un dépôt abondant d'oxyde de chrome se forme sur les éléments et vient paralyser les effets du courant. On peut s'en assurer en intercalant, dans le circuit, un fil conducteur qui commence par s'échauffer, puis passe au rouge blanc, et qui s'éteint subitement lorsqu'on cesse de souffler; au premier coup de piston, il s'échauffe de nouveau et reprend son in-

candescence primitive par l'effet des coups de piston suivants.

Cet effet nouveau est si prompt et si apparent, qu'on peut suivre l'afflux de l'air en regardant le fil qui rougit comme le ferait un charbon dans un foyer lorsqu'on active le feu.

Il est également indispensable d'employer un liquide oxydant : car, en se servant d'eau acidulée d'acide sulfurique seulement, on n'obtiendrait aucun résultat de l'insufflation.

Mais, en prenant simultanément toutes les précautions que nous indiquons, on peut arriver à obtenir un courant constant, dont rien ne limite l'énergie, si ce n'est la dimension de l'appareil.

M. Barrault a fait jouer devant les membres de la Société une pile du système Grenet, dont l'action se traduit sur un large fil de platine qui rougit immédiatement. Il indique alors de nombreuses applications que cette pile peut recevoir : lumière électrique, télégraphie, soudure, emploi pour l'éclairage des mineurs, des phares de la navigation.

En résumé, la manœuvre de cette pile est très-simple, et la multiplication des couples n'y apporte aucune complication ; elle ne le cède en rien aux piles les plus puissantes connues jusqu'à présent ; elle l'emporte même sur celles-ci par sa simplicité et son usage économique et facile, ainsi que par l'absence d'émanations insalubres. Avec peu de moyens elle permet d'obtenir de grandes forces, qui pourront se trouver utilisées avantageusement dans les arts et dans l'industrie.

On a fait observer que cette communication indiquait plutôt l'avenir d'un appareil nouveau, qu'elle ne signalait les résultats définitifs, et on a demandé en outre si la pile ne se détruirait pas très-rapidement.

M. E. Barrault répond que la destruction de la pile sera sans doute très-prompte, mais que c'est précisément le problème que M. Grenet a cherché à résoudre. Pour produire un effet déterminé, il faut consommer une quantité de zinc correspondante, et, ce qui importe pour des applications industrielles, c'est de produire cette consommation dans le temps le plus faible possible et sous le volume minimum. Les piles de M. Grenet sont donc très-avantageuses sous ce rapport, puisque, sous le même volume, elles sont cinquante fois plus fortes que les piles ordinaires.

§ 15. NOUVELLE DISPOSITION DE PILE A COURANT CONSTANT, PAR MM. RENOUX ET J. SALLERON.

La pile de Bunsen, qui rend tant de services par sa constance et son énergie réunies, nous a paru pouvoir être modifiée avantageusement, au moins dans certaines applications industrielles. Tandis que cette pile offre l'inconvénient de donner naissance à de l'acide hypoazotique, son liquide excitateur disparaît rapidement et doit être souvent renouvelé.

On peut obvier à ces deux inconvénients en remplaçant l'acide azotique par le chlorate de potasse en dissolution dans de l'acide sulfurique qui contient, selon les besoins de la pile, depuis 1/3 jusqu'à 1/6 d'acide pur en volume. Observe-t-on la marche d'une pareille pile, on constate que l'acide en excès du vase poreux va constamment remplacer celui qui disparaît dans le vase extérieur, l'augmente même pendant les premiers jours, donnant ainsi une assez grande énergie à la pile. Ainsi, on obtient un courant sensiblement constant pendant plus de huit jours, si l'on a employé la solution contenant au moins 1/6 d'acide.

Afin d'obtenir un liquide toujours saturé de chlorate, nous employons des charbons cylindriques percés d'un trou longitudinal où l'on met le chlorate de potasse, et d'ouvertures latérales plus petites, devant seulement donner accès au liquide.

Cette pile a été essayée pour l'électrotypie et a donné d'excellents résultats ; beaucoup plus énergique que la pile de Daniell, elle est intermédiaire entre cette dernière et celle de Bunsen et nous paraît devoir rendre des services dans tous les cas où l'on désire unir une certaine énergie à une constance suffisante.

A poids égal, le chlorate de potasse détruit six fois autant d'hydrogène que le vitriol bleu, et son prix est environ trois fois aussi élevé. On voit donc que l'usage de ce sel tendra plutôt à diminuer qu'à augmenter le prix de la pile.

§ 16. BATTERIES VOLTAIQUES MONTÉES AVEC LE PLOMB.

On a proposé depuis peu de substituer le plomb au zinc et autres métaux oxydables, dans la construction des batteries voltaïques. Ainsi, dans une pile de Bunsen, on remplace l'élément zinc par un cylindre en plomb entourant le charbon qui est placé dans un vase poreux chargé d'acide pur ou étendu. Le vase extérieur qui contient le plomb est chargé

d'eau pure ou acidulée, et des vis ou des étriers établissent le circuit comme à l'ordinaire. La solution métallique qui se forme dans le vase extérieur pendant l'action est soutirée, quand elle est suffisamment saturée, et traitée pour en extraire le sel de plomb. Le liquide excitateur varie suivant l'intensité du courant qu'on veut obtenir. Pour les besoins généraux, on obtient les résultats les plus favorables de l'acide azotique pur ou dilué en contact avec le charbon et de l'eau pure ou accidulée en contact avec le plomb. La disposition dont il vient d'être question produit un courant voltaïque constant, d'une grande intensité, dont les frais sont, dit-on, plus que balancés par la valeur commerciale des produits de son action.

L'absence de mercure, la facilité des manipulations rendent cette batterie spécialement applicable à la télégraphie et à l'électro-chimie, et l'économie qu'elle procure sur les autres combinaisons lui donne une supériorité décidée dans toutes les opérations où il s'agit de produire à bon marché de grandes quantités d'électricité.

§ 17. RÉDUCTION GALVANOPLASTIQUE AU MOYEN DE LA MACHINE MAGNÉTO-ÉLECTRIQUE, PAR M. H. JACOBY.

J'ai mis sous les yeux de l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg dans sa séance du 12 janvier 1846, deux médailles en cuivre et une planche de même métal dont la réduction a été opérée non pas à l'aide d'une batterie galvanique, mais par la machine magnéto-électrique. Les calculs que j'avais faits à cette occasion m'ayant démontré que cette machine serait trop puissante pour la réduction du sulfate de cuivre dans une seule auge à décomposition, j'en ai de prime-abord disposé deux à la suite l'une de l'autre; mais la machine ayant encore été trop énergique pour ces deux auges, le cuivre commença à se déposer avec une couleur rouge-brun, et j'ai été contraint d'en ajouter une troisième, de façon que la réduction des trois objets placés les uns à la suite des autres, marchait simultanément. J'aurais pu même ajouter encore parfaitement bien une quatrième auge, attendu que la qualité fragile du cuivre réduit, et une coloration rouge-brun faible, qui avait encore lieu sur les bords, indiquait, relativement à la grandeur des médailles qui avaient 62 millimètres de diamètre, et à leur nombre ainsi combiné à la suite les unes des autres, que le courant était encore trop énergique.

En 18 heures, pendant lesquelles la machine a été, ainsi

que les mesures fréquentes l'ont établi, tournée très-uniformément avec une vitesse de 143 tours par minute, ou 31 alternances ou changements par seconde, il s'est déposé dans chaque auge à décomposition, 21gr.950 de cuivre, et en tout 65gr.86, ce qui fait 87gr.800 par 24 heures (1).

Tout le monde sait que pour réduire une pareille quantité de cuivre en 24 heures au moyen d'une batterie de Daniell, il faudrait une surface assez considérable et un chargement très-actif. Or, comme une action aussi énergique a de beaucoup dépassé les espérances que j'avais fondées sur ma machine, laquelle, du reste, avait été construite dans un tout autre but, et qui n'était pas disposée de la manière la plus avantageuse pour les travaux de galvanoplastique; on doit s'attendre, pour les réductions galvanoplastiques et les autres réductions électro-chimiques en grand, surtout là où on pourra disposer d'une force mécanique, que les machines magnéto-électriques remplaceront prochainement les batteries galvaniques employées jusqu'à présent. Du reste, les bons résultats qu'on est en droit d'attendre de ces machines dépendent d'une disposition convenable. Relativement aux applications en grand, il reste encore beaucoup d'expériences à faire, et il est à désirer qu'on ne tarde pas à les entreprendre, afin d'arriver promptement au but. Peut-être serai-je en mesure prochainement d'apporter le tribut de mes faibles moyens pour faire connaître plus intimement ces nouvelles machines (2).

§ 18. OBSERVATIONS SUR LES PILES ÉLECTRIQUES ET LEUR APPLICATION DANS LES ARTS, PAR M. KOPZINSKI.

L'utilité de la pile dans ses applications aux arts n'a plus besoin de démonstration. Cet instrument, autrefois étranger aux arts, oublié dans les cabinets de physique, grâce à quelques perfectionnements de peu de valeur en apparence, a acquis de nos jours une importance industrielle qui surpassera peut-être un jour celle des machines à vapeur.

D'un côté, les recherches des Davy, De la Rive, Faraday, Spencer, Smee, Becquerel, Jacoby et d'autres savants, ont enrichi la science de grandes découvertes; de l'autre côté,

(1) Il s'est dissous à l'une des anodes 22 gr. 499, à l'autre 22 gr. 838, et la troisième anode n'a pas été pesée. Il s'est donc dissous aussi dans ce cas plus de cuivre qu'il ne s'en est réduit.

(2) Voir, ci-après, l'application de la machine électro-magnétique à la dorure et à l'argenture.

les travaux des Weekes, Kœbbel, de Ruolz, Elkington, duc de Leuchtenberg, Walker, Elsner, et tant d'autres, ont porté l'art à un haut degré de perfectionnement.

L'électro-chimie appliquée est peut-être une chose unique dans les arts : quoique nouvelle et à peine comptant quelques années d'existence, elle est pleine d'un avenir tellement miraculeux que, dans d'autres temps, et même au commencement de notre siècle, les résultats qu'on en a déjà obtenus auraient semblé fabuleux.

En effet, quand à l'aide de la pile, on a pu détruire la force occulte, mais puissante, qui unit les éléments entre eux, les séparer et obtenir des corps entièrement inconnus autrefois, quand on a pu, avec le même agent, recomposer les corps, unir les éléments autrefois désunis, et obtenir des substances que la nature, aidée de siècles nombreux, avait seul le droit de préparer dans son grand laboratoire; quand on a pu faire parcourir à la pensée de grandes distances avec une vitesse presque égale à sa conception; enfin, quand on a pu faire tant de choses incroyables, et cela toujours avec le secours de la pile, que n'est-on pas en droit d'espérer?

Certainement il viendra un temps où quelques soleils électriques, plantés par la main d'un savant, éclaireront toute une ville; où les hauts-fourneaux et autres grands feux métallurgiques seront éteints pour faire place à des piles gigantesques qui travailleront la matière pour en arracher les métaux nécessaires à l'usage de l'homme. Le feu, la vapeur sur les chemins de fer, seront remplacés par des appareils électriques ou par leurs modifications. On verra des vaisseaux destinés à la navigation et des statues colossales sortir du liquide contenu dans des cuves immenses.

En passant du règne minéral au règne organique, n'est-on pas en droit de penser que ce mouvement intime, qui produit le vin, la bière et tant d'autres liqueurs alcooliques, pourrait être modifié et perfectionné dans ses résultats par cette force savamment dirigée? du moins, à en juger par les travaux de M. Godard, de Bruxelles, un des plus habiles distillateurs en Belgique, qui s'occupe depuis quelque temps de la solution de ce problème, il paraît qu'au moyen de la force électrique, mise en jeu pendant la fermentation des grains, toute la substance amylacée est entièrement transformée en esprit, résultat, comme on le sait, impossible dans l'état actuel de l'art.

Il est même probable qu'en employant cet agent on parviendra, par la combinaison des corps gazeux et d'autres, à obtenir des substances organiques que l'art n'a jamais pu

produire autrement qu'en les isolant des composés où elles se trouvaient. Le sucre, l'alcool, les éthers, les huiles, surgiront peut-être dans les usines chimiques, créées par la combinaison des gaz, du charbon et de l'eau, forcés eux-mêmes à s'unir par cette puissance récemment acquise à l'homme.

Cette électricité même, qui détruit souvent la végétation, en donnant naissance aux grêles, trombes, pluies torrentielles, et autres météores dévastateurs, pourra produire des récoltes inépuisables quand elle sera dirigée dans le sol pour y être en contact avec les substances assimilables par les végétaux.

Ces probabilités ne sont plus des utopies; elles ont déjà été réalisées pour la plupart, il est vrai, sur une petite échelle, mais on peut le dire de nos jours, et sans exagérer, il n'y a plus rien d'impossible dans les vastes régions des probabilités scientifiques.

Le plus grand obstacle à la réalisation de cet immense avenir, c'est l'instrument merveilleux lui-même et ses agrès; et, s'il est permis de dire que bientôt il viendra un temps où, grâce à cette nouvelle puissance, le travail de l'extraction des métaux sera du moins exécuté par la pile; il faut avouer aussi qu'actuellement cet instrument, ses accessoires et les manipulations y relatives, sont loin d'être au niveau des besoins de la science et de l'art.

Pour ne parler à présent que de l'instrument seul, toutes les piles connues, dites à effet constant, celles-là surtout qui, par leur prix peu élevé, sont employées dans les arts, ont les défauts suivants :

1° Leur action, quoique plus longue et plus soutenue que celle des anciennes piles, n'est cependant pas assez régulière ni assez longue pour certaines opérations des arts. Ainsi, en employant, par exemple, la pile de Bunsen, charbon et zinc excités par les acides sulfurique et azotique, l'action de la pile, quoique le zinc employé y soit amalgamé, n'est forte et régulière que pendant les deux premières heures, puis elle faiblit et cesse au bout de six heures. Cette irrégularité et cette courte durée sont désespérantes pour les opérations galvanoplastiques, où il faut une action faible relativement, mais régulière et de longue durée.

2° Dans les travaux de cabinet, pourvu que l'on puisse atteindre le but désiré, le temps et les dépenses n'entrent presque pour rien dans les spéculations d'un savant; mais dans les arts, les dépenses et le temps constituent un élément de la plus haute importance, et se composent ordinairement de plusieurs données presque imperceptibles dans les essais de

laboratoire. Aussi, dans les arts, la plus stricte économie est une condition indispensable, sous peine d'aneantissement de grands établissements et des plus belles conceptions. Sous ce rapport, les piles actuelles ne répondent pas au but que les arts se proposent : ainsi, la pile de Bunsen à deux acides excitants est une des plus dispendieuses; les deux acides se mêlent aux sels produits par son action, et ce mélange n'a pu encore être utilisé. Les acides excitants ainsi mélangés n'agissent plus : il faut les renouveler souvent, ce qui devient très-dispendieux à cause de l'acide azotique, dont le prix assez élevé devient très-onéreux pour les travaux qu'on fait un peu en grand.

Dans le travail continu, les vases en terre poreuse sont promptement détériorés, malgré tout ce qu'on fait pour les conserver, et ils exigent un renouvellement continuel.

Les cylindres en zinc, malgré leur amalgamation avec les dissolutions salines de mercure, se dégradent aussi très-vite, la dissolution ne pouvant pas pénétrer dans les fissures capillaires du métal; la porosité du charbon laisse monter l'acide azotique, qui dévore les montures en cuivre ; la cire, presque toujours falsifiée avec la stéarine ou la fécule, ne les préserve pas beaucoup, et on a besoin de les nettoyer à chaque opération.

Le récurage de tout ce qui est conducteur en cuivre, qu'il faut recommencer tous les jours, est un travail long et malsain. C'est peut-être le plus grave de tous les inconvénients des piles actuelles.

Il ne faut pas oublier dans les dépenses la casse continuelle du fil de cuivre, d'argent, de platine; ce qui a toujours lieu, car ils s'aigrissent rapidement, malgré le recuit qu'on leur fait souvent subir.

Ajoutons à tout cela les émanations délétères des acides nuisibles à la santé, la dégradation de tout ce qui est métallique dans le local, et tant d'autres inconvénients, et l'on avouera sans difficulté que ce qu'on a fait au moyen de la pile est dû, non à la perfection de l'instrument, mais à la tenacité des expérimentateurs.

La pile de Daniell, telle qu'elle est employée par les doreurs à Paris, est, sous quelques rapports, plus commode que la précédente, mais son action n'est pas d'une constance telle qu'on la désirerait avoir dans les arts; et pour les frais, il suffit de dire que l'entretien seul de cette pile, dans les dimensions convenables aux grands travaux, coûte à un des premiers doreurs de Paris plus de 40 fr. par jour.

3° Dans les travaux avec la pile, il est extrêmement diffi-

cile de régler sa force selon le besoin. Dans l'état actuel de l'art, on obtient tantôt un métal mal adhérent, tantôt un oxyde, et quelquefois de gros cristaux sans cohésion; cela dépend de la force de la pile, et on ne réussit qu'en tâtonnant.

Pour procéder convenablement, il faudrait connaître les lois des rapports de la force électrique avec la résistance à vaincre (1); il faudrait pouvoir mesurer cette force avec un galvanomètre approprié à l'usage, et surtout pouvoir diminuer ou augmenter cette force, non-seulement avant, mais pendant l'opération. On a indiqué, il est vrai, plusieurs moyens dans ce but : tels sont l'augmentation ou la diminution des surfaces de la pile en plongeant plus ou moins les couples dans des liquides excitants, et les différents degrés de concentration de ces liquides excitants et de la dissolution saline électrolysée, celle-ci plus ou moins acidulée, neutre ou basique. On a encore indiqué dans ce but des fils plus ou moins bons conducteurs d'électricité (2).

Tous ces moyens sont très-utiles; mais, à l'exception de la modification des surfaces, ils ne peuvent être employés qu'avant l'opération; car, une fois qu'elle est en train, et que l'on ne peut pas sortir l'objet du bain, quand on s'aperçoit que l'action est trop faible ou trop forte, on ne peut plus la régler sans discontinuer, qu'en augmentant ou diminuant les surfaces de la pile. C'est encore le moyen le plus économique, parce qu'on use de la totalité de la force électrique existante pendant l'opération, tandis que par les autres moyens, quand cette force est trop grande, on est obligé de la laisser exister telle qu'elle est, mais on n'en emploie qu'une partie.

4° Une difficulté non moins grave et générale pour toutes les piles, c'est celle qui se présente surtout en galvanoplastie; alors la dissolution saline électrolysée, par suite des lois de la pesanteur, forme, pendant l'opération, des couches de différentes densités; d'où il résulte que la couche métallique qui se forme est d'inégale épaisseur, et quelquefois elle ne se forme pas du tout en certains endroits. Les plaques métalliques et les cristaux de sel qu'on emploie ordinairement ne remédient qu'imparfaitement à cet inconvénient. Il paraît que l'ingénieux procédé récemment découvert par MM. Gauthier

(1) Ces lois ont été exposées avec une grande lucidité par M. Smee (Voyez p. 145 et suivantes).

(2) L'application des fils métalliques de différentes conductibilités a été dernièrement introduite par M. Desbordeaux, de Caen, dans la dorure de l'acier au moyen de la pile : c'est une bonne idée qui pourrait être appliquée dans d'autres circonstances. (Voir ci-après les travaux de M. Desbordeaux, au tome II.)

de Claubry et Dechaud, employé dans la décomposition par la pile du sulfate de cuivre obtenu de son minerai, pour en former des feuilles de ce métal, pourrait peut-être, dans ce but, recevoir une application plus étendue ; mais c'est encore une question de savoir si ce moyen peut également servir à obtenir le cuivre et les autres métaux, sous d'autres formes et dans des circonstances différentes, comme pour l'étamage, l'argenture et d'autres subdivisions de la galvanoplastie.

5° L'art de recouvrir avec les métaux précieux d'autres métaux, malgré tout ce qu'on fait, sera toujours peu avancé, tant qu'on ne pourra employer dans ce but d'autres sels que les cyanures, parce que ces sels sont très-chers, et que les émanations de l'acide cyanhydrique sont très-délétères; il cause toujours des maux de tête, et on ne sait pas encore ce qui peut arriver au bout de quelques années de son emploi. Le mercure, qu'on a supprimé dans la dorure, n'est peut-être pas plus malsain. Elsner et d'autres ont fait quelques tentatives dans ce but; nous nous réservons pour une autre fois de dire quelques mots sur les essais faits dans l'intention de vérifier leurs procédés.

La plupart de ces difficultés, et de beaucoup d'autres que je passe sous silence, seraient levées si on pouvait avoir une pile économique sans émanations nuisibles, dont la force pourrait être au besoin diminuée ou augmentée sans discontinuer l'opération, et qui pourrait fonctionner plusieurs mois sans être démontée. Ces conditions, si difficiles en pratique, ont occupé depuis quelque temps ceux qui s'intéressent à l'avancement de cet art merveilleux.

Suivant la note de M. Jacoby, lue à l'Académie des sciences de Pétersbourg, le prince Bagration serait parvenu à trouver une pile d'une constance extraordinaire, construite avec une grande économie et presque sans frais d'entretien : elle se compose de cylindres en zinc et cuivre, enfouis verticalement dans la terre arrosée jusqu'à saturation de chlorhydrate d'ammoniaque concentré, le tout contenu dans des vases en terre cuite bien isolés (1).

Occupé des applications industrielles de l'électro-chimie, et me servant de la pile de Bunsen, si peu satisfaisante sous ce rapport, j'ai senti vivement l'utilité de cette nouvelle découverte, et j'ai construit une pile du prince Bagration, d'assez grandes dimensions, composée de quatre couples. Mais quel a été mon étonnement quand j'ai vu mes espérances cruellement trompées! et cependant j'ai tout fait pour garder la

(1) Voir plus haut la description de cette pile, § 7.

plus stricte exactitude dans l'exécution de la note précitée. On pourra le voir par la description suivante de ma pile Bagration. Cette pile, comme on vient de le dire, avait quatre couples, dont chacun était composé de deux cylindres, zinc et cuivre; la hauteur du premier était de 70 centimètres, son diamètre de 10 centimètres. Le cylindre en cuivre avait 60 sur 16 centimètres dans les mêmes dimensions. La surface métallique de ces quatre couples était d'environ 2m095; les métaux étaient en feuilles laminées; l'épaisseur du cuivre était d'un demi-millimètre, et celle du zinc de 2 millimètres.

La terre que j'ai employée, et dont la qualité n'était pas bien spécifiée dans la note, ce qui pouvait cependant avoir une certaine influence sur les résultats, a été un bon terreau (les jardiniers de Paris donnent ce nom à la terre noire qui se forme par la décomposition du fumier). Le terreau a été soigneusement séparé des décombres au moyen d'un crible. Son volume était de 3 hectolitres. J'ai employé le terreau, parce qu'il m'a semblé que c'était la terre qui répondait le mieux à l'expression de *terre poreuse* indiquée dans la note précitée.

L'eau de Seine fut saturée avec le chlorhydrate d'ammoniaque à la température de 12 degrés centigrades, qui était celle de mon laboratoire.

Les vases qui ont servi à contenir la pile étaient de gros tuyaux en terre cuite ayant la hauteur de 0m.75 sur 0m.24 de diamètre; à l'un des deux bouts un fond en bois fut solidement adapté; ce dernier, de deux côtés, et le tuyau, seulement à l'intérieur, ont été bien goudronnés. Les vases ainsi conditionnés furent essayés avec de l'eau pour éviter les fuites de la dissolution saline, et par conséquent l'objection du non-isolement.

On a bien mouillé la terre avec la dissolution saline en la travaillant dans un vase à part; les cylindres métalliques furent placés concentriquement dans l'intérieur des vases, les intervalles remplis avec de la terre, mouillée encore avec la même dissolution, jusqu'à son apparition à la surface.

Les cylindres en cuivre étaient recouverts de 5 centimètres de terre, ceux en zinc la dépassaient d'autant.

A mesure que l'eau s'évaporait, pendant le travail avec la pile, on mouillait la terre avec la dissolution précitée, comme on vient de le dire.

Les vases étaient placés sur un banc haut de 0m.40 fait en bois sec, entièrement goudronné, pour bien isoler la pile, précaution que l'inventeur paraissait recommander beaucoup. Au reste, les éléments et les pôles communiquaient

entre eux comme à l'ordinaire, au moyen de bandes en cuivre et de vis de pression; les bandes à l'endroit où elles plongeaient dans la terre à 5 centimètres au-dessus de la surface, étaient recouvertes avec un vernis de cire.

Ces détails, en apparence superflus, me paraissent nécessaires pour ceux qui voudraient reprendre mes expériences; d'autant plus que les résultats obtenus paraissent contredire tout-à-fait l'opinion du célèbre physicien de Pétersbourg sur les effets de cette pile.

En effet, l'action de cette pile a été très-faible; elle a complètement cessé au bout de trois jours; au bout de six jours, la pile a été démontée, et voici ce que nous avons pu observer :

1° Contrairement à la note en question, son action a commencé de suite, et, aussitôt que les deux pôles ont été mis en communication; au bout de quelques heures, elle a été à son apogée; ensuite elle a été en décroissant lentement, et après trois jours, elle a été presque nulle, comme on vient de le dire.

2° Pour exécuter fidèlement la prescription, le cuivre de deux couples seulement fut préalablement passé dans la solution de chlorhydrate d'ammoniaque, et exposé pendant quelques heures à l'action de l'air, opération que nous n'avons pas faite exprès, avec le cuivre de deux autres couples; cependant l'action de tous ces éléments a commencé à peu près dans le même temps et a marché avec la même force; la seule différence visible a été la corrosion plus prompte et plus marquée des cuivres passés dans la dissolution.

3° Quoique cette pile se trouvât dans une pièce dont le volume était au moins de 140 mètres cubes; que les croisées aient été toujours entr'ouvertes, et pendant le travail complètement ouvertes, les vapeurs rongeaient d'une manière effrayante tout ce qui était métallique, et surtout les ustensiles en fer; l'humidité y est devenue tellement grande, et les émanations si malfaisantes, que l'on fut forcé d'interrompre le cours d'autres travaux du laboratoire; et cela non-seulement quand la pile a été en activité, mais alors même qu'elle a été démontée et jusqu'à l'évacuation complète de la terre; huit jours après, le laboratoire était inabordable, tant les émanations de la pile étaient délétères. Cela n'est pas étonnant quand on pense que l'eau, le sel et le terreau, pendant leur décomposition, activée et modifiée par l'électricité, pouvaient produire des combinaisons miasmatiques éminemment nuisibles à la santé.

4° Quoique l'on supprimât la communication des éléments et des pôles entre eux toutes les fois qu'on ne travaillait pas, cependant l'état de la pile n'était pas satisfaisant; les lames

de communication des pôles ont été rongées, au point qu'elles sont d'elles-mêmes tombées au bout de quatre jours. Les cylindres en cuivre ont été rongés et percés d'une multitude de trous dans leur partie supérieure, à la hauteur de 30 centimètres. Entre ces trous, il y avait des intervalles intacts, ayant conservé leur éclat métallique. Leur partie inférieure, enfouie dans la terre, à la profondeur de 30 centimètres, était parfaitement intacte. L'élément zinc fut également, et par intervalles, rongé dans sa partie supérieure, mais sans être percé de trous; à peine sa partie inférieure fut-elle entamée, elle a même conservé son éclat métallique. Il paraît que ces effets sont dus à l'action de l'air dont l'accès a été facilité par la porosité de la terre. Cela pouvait avoir lieu surtout dans les intervalles où l'on ne travaillait pas. La dissolution qui recouvrait la surface de la terre disparaissait assez promptement, la corrosion du cuivre commençait ensuite.

5° Pour les frais de construction, que l'on croyait de peu d'importance, il suffit de dire que l'établissement de ces quatre couples, tout compris, a coûté environ 150 fr., quoique l'épaisseur du métal, comme on l'a vu, ne fût pas considérable.

On voit donc que cette pile produit des émanations malsaines, que sa construction est coûteuse, qu'elle se dégrade promptement, et qu'elle n'est pas à effet constant. Aussi, sous tous les rapports, elle ne nous paraît pas pouvoir être *utile* aux arts, et le silence des expérimentateurs, gardé depuis sa découverte, semblerait confirmer cette opinion.

En la modifiant (1), peut-être pourrait-on construire un appareil utile, car il me semble que les résultats si peu satisfaisants sont principalement dus d'abord à l'isolement de la pile, parce qu'elle ne peut pas s'alimenter en puisant l'électricité dans le grand réservoir commun, et ensuite à ce que la pile n'a pas été profondément enfouie dans la terre, ou autrement préservée de l'influence de l'air, circonstance qui activait non-seulement la destruction des métaux, mais encore qui permettait à l'air de faire naître ainsi des courants opposés aux autres courants, ou de neutraliser l'électricité produite par le contact des métaux; et c'est peut-être à cela qu'on doit attribuer la cause de l'extrême faiblesse de cette pile, malgré ses dimensions assez considérables.

Il me reste à dire quelque chose sur mes recherches dans

(1) Voir plus haut, *page* 349, les utiles modifications que M. le baron Gros a faites à la pile Bagration.

le but de construire une pile qui répondrait aux conditions ici exposées; il est juste d'avouer que ces recherches m'ont été suggérées en lisant deux excellents articles sur la galvanoplastie et l'éclairage électrique insérés dans le *Technologiste*.

Dans le rapport précité sur la pile du prince Bagration, nous avons remarqué que M. Jacoby, le rapporteur, a trouvé de son côté une pile à effet constant, et probablement d'une longue durée, composée des plaques de cuivre et de zinc enfouies dans la terre humide de la cave.

A la même époque, M. Bain, en Angleterre, a fait la même découverte : il a même appliqué ensuite cette sorte de pile aux mouvements des horloges marchant d'accord, plusieurs à la fois étant mises en mouvement par le même moteur. Enfin ces piles enfouies dans la terre, et les télégraphes électriques, ont prouvé jusqu'à l'évidence ce que plusieurs savants ont déjà constaté, savoir : que la terre est un grand générateur et un bon conducteur du fluide électrique. Cette découverte constitue une époque, elle est devenue un axiome dans la science.

Ainsi l'instrument, si peu connu dans les arts, va recevoir, grâce à cette découverte, d'immenses applications. La terre et l'atmosphère sont deux grands réservoirs du fluide qui vivifie les êtres organiques, combine et décompose les substances minérales. Au lieu de le chercher dans un verre et quelques gouttes de liquide, on ira le puiser dans notre globe, et dans l'air qui l'entoure. Quant à présent, la terre seule, à cause de sa conductibilité, peut servir à la construction de piles, dont la force est illimitée, et dont l'action uniforme peut durer plusieurs dizaines d'années. Il suffit d'enfouir dans la terre humide plusieurs plaques métalliques, et on obtient facilement une pile à effet constant, et sans émanations nuisibles à la santé de l'opérateur.

On a déjà vu des piles pareilles, et on en trouve la description dans plusieurs écrits périodiques, et particulièrement dans l'article précité sur l'éclairage électrique; cependant, comme on ne peut pas toujours établir des piles enfouies dans la terre, faute de jardin, de cave, ou pour d'autres obstacles, il serait quelquefois non-seulement plus économique, mais absolument nécessaire, de construire une pile analogue sans l'enfouir dans la terre; je vais donner une description d'une pile de ce genre, dont les avantages m'ont été indiqués par quelques essais en petit. Cet appareil se construit comme il suit :

Une forte caisse en bois non résineux, ayant intérieurement

de chaque côté $1^m.25$, d'une construction solide, à l'épreuve de l'eau, et munie au fond d'un gros robinet en bois, contiendrait une pile à un seul liquide excitant, savoir : de l'eau salée ou de l'acide sulfurique très-affaibli. Les éléments seraient cuivre et zinc, ou cuivre et fer, ou bien fer et zinc, composés de plaques de 1 mètre de surface chacune, placées verticalement dans le liquide, à la distance de 2 à 3 millimètres les unes des autres; l'épaisseur des feuilles en zinc serait de 5 millimètres, celle des feuilles de cuivre d'un millimètre. Ces plaques seraient retenues à la distance voulue avec des languettes en bois fortement goudronnées. La caisse poserait sur la terre humide ou au moins toucherait à un mur humide d'un rez-de-chaussée, etc. Les bandes et les fils métalliques en communication seraient bien recouverts avec un vernis flexible en caoutchouc, à l'endroit de leur contact avec le liquide excitant et à quelques centimètres au-dessus.

Je suis persuadé qu'au moyen de cette construction, cette pile offrirait non-seulement de l'économie sur les premiers déboursés, et tiendrait peu de place, mais qu'elle présenterait encore les avantages suivants : elle n'a pas besoin de nettoyage, ce qui est déjà très-important; on peut, au moyen de robinets, diminuer plus ou moins son liquide excitateur pendant l'opération même, ce qui n'est pas possible avec les appareils enfouis dans la terre. Son action ne peut pas s'épuiser, parce qu'elle communique avec la terre par *le bois* de la caisse devenu humide. Elle est d'une construction très-simple, parce que les feuilles métalliques en parallélogramme ne demandent qu'à être coupées pour avoir cette forme, avantage que les piles à éléments cylindriques ne peuvent pas avoir.

En discutant les avantages des différentes piles, il faut avouer que rien ne serait plus économique que la pile proposée par M. le duc Maximilien de Leuchtemberg; dans le cas surtout où l'on aurait de vieux tuyaux en fonte, on en pourrait construire une pile à effet constant, en faisant communiquer la fonte avec des cylindres de charbon placés dans des caisses ou tonneaux, et excités avec de l'acide sulfurique affaibli.

Cet appareil pourrait marcher, en effet, pendant plusieurs années; sa force ne serait limitée que par ses dimensions, et au moyen des robinets adaptés aux vases on pourrait diminuer les surfaces, et partant sa force. Sous ce dernier rapport, elle aurait un grand avantage sur les piles enfouies dans la terre.

En plaçant les cylindres en fonte dans des vases poreux remplis d'acide sulfurique moins concentré que celui qui baigne le charbon, comme cela est indiqué par l'inventeur, on peut, en raison de la différence des densités de deux liquides excitants, augmenter considérablement l'énergie de cet instrument.

Je crois que pour de grands appareils on pourrait éviter les inconvénients des membranes animales, ou de la terre poreuse, en leur substituant des vases faits en bois blanc très-mince. Enfin, en évacuant complètement le sulfate de fer quand la diminution de la force électrique l'exigerait, on obtiendrait un produit plus pur que tous ceux qui existent dans le commerce, produits dont la valeur pourrait même compenser les frais de construction et d'entretien de la pile. Ce procédé électro-chimique, ou le sulfate de fer est un produit accessoire et utilisé à cause de sa bonne qualité, n'est plus une supposition ; c'est un fait réalisé déjà dans le grand établissement galvanoplastique du duc de Leuchtemberg, à Saint-Pétersbourg.

En faisant cette communication, j'ai cru utile d'entrer dans ces détails, à cause de l'importance toujours croissante qu'acquiert actuellement l'électro-chimie appliquée, et de la préoccupation générale dont elle est devenue l'objet. Si, dans la suite du temps, les circonstances me permettent de reprendre mon travail sur les piles à effet constant, je ne manquerai pas de faire connaître les résultats industriels que j'aurai obtenus.

§ 19. SUR LES INTENSITÉS DES BATTERIES GALVANIQUES, PAR M. JOULE.

Nous empruntons à un beau mémoire publié par M. Joule, sur la chaleur développée par les conducteurs de l'électricité pendant l'électrolysie, un tableau curieux sur les intensités relatives des différentes dispositions qu'on peut donner aux batteries galvaniques. Ces intensités ont été déterminées par de nombreuses expériences et d'après la théorie mathématique de M. Ohm. Dans ce tableau, les intensités des batteries qui sont le plus en usage sont en raison inverse du nombre de paires qui seraient précisément nécessaires pour surmonter la résistance de l'eau à l'électrolysation.

BATTERIES			Intensités constantes.
de M. Grove. .	Platine. . . . . Acide nitrique. .	Zinc amalgamé. . Acide sulfurique étendu.	$\frac{1}{0.93}$
de M. Daniell. .	Cuivre. . . . . . Sulfate d'oxyde de cuivre.	Zinc amalgamé. . Acide sulfurique étendu.	$\frac{1}{1.54}$
de M. Sturgeon.	Fer. Zinc amalgamé. . . . . Acide sulfurique étendu.		$\frac{1}{3.33}$
de M. Smee. . .	Argent platiné. Zinc amalgamé. . . Acide sulfurique étendu.		$\frac{1}{3.58}$
	Cuivre. Zinc amalgamé. . . . . . . Acide sulfurique étendu.		$\frac{1}{5.40}$

A ce tableau, M. Joule ajoute ce qui suit :

« Sans entrer dans aucune discussion sur le mérite respectif de ces batteries, je ferai observer que chacune des quatre premières peut être employée avantageusement, suivant les circonstances où l'on est placé, ou la nature des expériences qu'on veut faire. La batterie fer-zinc présente quelques inconvénients à cause de l'action locale du fer, mais elle offre beaucoup de facilités mécaniques dans sa construction. Les batteries de MM. Smee et Grove sont aussi de bonnes dispositions ; mais celle du professeur Daniell est le meilleur instrument pour les applications générales, et, sans nul doute, le plus économique. »

CHAPITRE II.

De quelques accessoires des piles galvaniques.

Après avoir décrit les principales piles employées à la réduction des métaux, il est nécessaire d'entrer dans quelques détails relatifs à certains accessoires de ces appareils, qui nécessitent des soins tout particuliers pour assurer la réussite des opérations.

§ 1er. DES DIAPHRAGMES.

On a proposé tant de substances différentes pour servir de diaphragmes dans les appareils galvaniques, qu'il doit en résulter une certaine confusion et un grand embarras dans l'esprit des expérimentateurs, lorsqu'il s'agit d'adopter tel ou tel système. Quelques observations sur ce point important ne seront pas inutiles.

On n'a pas oublié que pour obtenir de bons résultats, un

diaphragme doit être assez poreux pour faciliter le passage du courant électrique à travers les solutions, mais qu'il doit aussi être assez imperméable pour s'opposer à l'endosmose ou mélange des liquides par filtration. Il est assez difficile de rencontrer des substances douées de ces deux qualités qui semblent s'exclure.

Toutefois, le diaphragme de M. Becquerel, qui a été décrit plus haut, page 320, nous paraît approcher de très-près de ces conditions, et il doit être placé en première ligne.

Viennent ensuite les diaphragmes en terre poreuse, analogue à celle des alcarazas; les diaphragmes en porcelaine dégourdie, ceux en terre de pipe, ceux en toile à voiles et ceux en plâtre.

Nous allons donner, d'après M. Walker, la manière de construire ces derniers diaphragmes, qui peuvent être fort utiles lorsqu'on n'est pas à même de s'en procurer d'autres, et que l'on pourra facilement faire soi-même.

On creuse dans un morceau de pierre tendre, une rainure circulaire dont le plus grand diamètre aura environ 50 millimètres, et le petit diamètre 38 à 40 millimètres. Cette opération s'exécute très-facilement et très-promptement sur un tour en l'air. Dans cette rainure on verse du plomb fondu, et lorsqu'il est refroidi, on l'extrait de la rainure en brisant le moule, si cela est nécessaire. On obtient ainsi un anneau de plomb de 5 à 6 millimètres d'épaisseur. On introduit alors dans la cavité de cet anneau un mandrin de bois de 25 à 30 centimètres de hauteur, et sur lequel est enroulée une feuille de cuivre très-mince; le diamètre de ce mandrin et celui de la feuille de cuivre qui l'entoure doivent être calculés de manière à ce qu'ils remplissent exactement la cavité de l'anneau de plomb. On entoure également l'extérieur de l'anneau d'une autre feuille de cuivre plus haute d'un centimètre que la précédente; cette dernière feuille est maintenue roulée à l'aide d'une ou plusieurs ligatures. On comprend qu'on a ainsi ménagé une espèce vide entre les deux cylindres de cuivre. Il ne restera plus qu'à gâcher très-serré du plâtre de mouleur, et à remplir tout l'intervalle compris entre les deux cylindres (1). La différence de hauteur qui existe entre eux permettra d'obtenir du même coup le fond du diaphragme. Lorsque le plâtre est bien pris, on commence par dérouler la feuille extérieure, on retire ensuite le mandrin de bois qui, à cet effet, doit avoir une espèce de man-

(1) Pour éviter toute adhérence de plâtre, il sera bon d'huiler toutes les parties de cette espèce de moule.

che ; enfin, on comprime légèrement le tube interne, et on le détache avec précaution. Il faut avoir le soin de faire sécher les diaphragmes avant de s'en servir. Nous devons ajouter, en terminant, que les diaphragmes en plâtre sont de peu de durée.

Nous ne citons ici que pour mémoire les diaphragmes en bois, en papier, en vessie, qui ne devront jamais être employés qu'à défaut de tout autre moyen.

M. Becquerel a proposé de construire des diaphragmes en cuir tanné, mais non préparé avec des graisses. On les fait bouillir dans l'eau salée. Nous n'avons pas fait l'expérience de ces diaphragmes, qui doivent être fort coûteux et difficiles à préparer.

Quelle que soit la matière adoptée, il est toujours nécessaire, avant et après les expériences, de plonger les diaphragmes, pendant un certain temps, dans un vase plein d'eau. Cette immersion a pour effet de resserrer les pores ou de dissoudre les cristaux de sulfate de cuivre qui pourraient les oblitérer.

Le docteur Fau a inséré, dans ses notes sur la galvanoplastie, un article extrait du *Mechanic's Magazine*, et qui ne sera pas sans intérêt pour nos lecteurs.

« J'ai découvert, dit l'auteur de cet article, qu'un diaphragme métallique l'emporte de beaucoup sur tous les autres. Il s'oppose au mélange des liquides, et permet au fluide galvanique de circuler sans obstacle, conditions qu'il était impossible d'obtenir avec les autres diaphragmes.

« Lorsque les liquides n'attaquent pas le cuivre, je l'emploie de préférence pour diaphragme ; mais, lorsqu'on fait usage d'acide nitrique, par exemple, pour les batteries de Grove et de Bunsen, je me sers de cuivre doré ou platiné sur la surface en contact avec le liquide. Ou bien encore, je construis mon diaphragme en fonte de fer, sur laquelle l'acide nitrique n'exerce qu'une faible action. »

La seule précaution qu'il soit nécessaire de prendre quand on fait usage d'un diaphragme métallique, est d'empêcher qu'il se trouve en contact avec les éléments cuivre ou zinc, etc., de la pile, parce qu'il s'établirait alors une action locale qui nuirait à l'effet général.

Nous n'avons pas pu vérifier par nous-même les faits contenus dans l'article précédent, mais nous doutons fort que l'expérience soit venue confirmer les avantages énumérés ici.

§ 2. DE L'AMALGAME DU ZINC.

On a vu dans l'ouvrage de M. Smee (N° 34), que l'impureté du zinc du commerce occasionne une multitude d'actions locales, lorsque ce métal se trouve en contact avec un acide, en sorte qu'il se fait en pure perte une grande consommation de zinc. M. Kemp a trouvé qu'en amalgamant le zinc ordinaire, il acquiert toutes les propriétés du zinc pur, c'est-à-dire qu'il n'est point attaqué par l'acide, lorsque l'appareil n'est point en action.

Voici le moyen le plus simple pour effectuer cet amalgame :

On verse, dans une soucoupe, de l'eau, de l'acide sulfurique pur (*voyez* § 4 ci-après) et du mercure. On prend un peu de ce mélange avec une brosse, et on frictionne fortement la surface du zinc, jusqu'à ce qu'elle ait acquis un aspect brillant et métallique.

Ce procédé est bien moins long que celui qui consiste à râcler le zinc pour le décaper avant d'y étendre le mercure.

On peut encore amalgamer le zinc à l'aide du procédé suivant qu'on doit au professeur Stoddart :

Le zinc étant chauffé à une température de 150° à 200° centigrades, on le frotte avec une solution d'un sel double de chlorhydrate de zinc et d'ammoniaque, et l'on fait couler du mercure sur sa surface encore humide. La combinaison des deux métaux a lieu instantanément et de la manière la plus complète, et en répétant l'opération l'amalgame devient aussi profond qu'on peut le désirer.

Formule d'un liquide propre à amalgamer par simple immersion les zincs des piles électriques, par M. Berjot.

Par la méthode ordinaire, on place les zincs dans une espèce de petit moule en bois ayant à peu près la forme du zinc, on verse du mercure dans ce moule et on plonge le tout dans une cuve remplie d'eau acidulée. Alors, avec un pinceau composé de fils de cuivre très-fins, on promène le mercure sur toute la surface du zinc, qui se l'approprie d'autant mieux que l'amalgamation s'opère en même temps que le décapage.

Quelque simple que paraisse cette méthode, elle exige une certaine dépense de mercure et un temps tellement long que souvent on préfère user ses zincs plutôt que de recommencer à les amalgamer après qu'on s'en est servi. Pourtant cette opération est non-seulement importante au point de

vue économique, mais encore au point de vue de l'électricité produite.

Avec le liquide proposé, il suffit de quelques secondes d'immersion pour amalgamer complètement le zinc le plus rongé. M. Ruhmkorf, qui a eu dernièrement l'occasion d'en faire l'application aux piles électriques de l'école de Guadalajara (Espagne), m'ayant assuré que ce serait rendre service aux personnes qui s'occupent d'expériences électriques, que d'en publier la formule, je m'empresse de la faire connaître.

On fait dissoudre à chaud 200 grammes de mercure dans 1,000 grammes d'eau régale (acide nitrique 1, acide chlorhydrique 3); la dissolution du mercure étant terminée, on y ajoute 1,000 grammes d'acide chlorhydrique. Avec 1 litre de ce liquide, dont le prix n'excède pas 2 fr., on peut amalgamer plus de cent cinquante zincs.

§ 3. DES ANODES SOLUBLES.

C'est encore à M. Jacoby que l'on doit la découverte des anodes solubles, qui présentent un si grand avantage dans les expériences électro-métallurgiques. Cette découverte est basée sur le principe suivant : si dans une solution métallique en communication avec les deux pôles d'une pile galvanique, on plonge une plaque du même métal que celui en dissolution, attachée par un fil au pôle cuivre de la pile, cette plaque métallique, qui joue le rôle d'anode, est dissoute *à peu près* en raison directe du métal revivifié au cathode. Nous disons à peu près, parce que l'expérience a démontré que l'anode perd toujours un peu plus que ne gagne le cathode.

On comprend facilement qu'en employant une anode soluble de même nature que le métal à réduire, on n'a plus à se préoccuper des moyens compliqués et embarrassants, jusqu'alors nécessaires pour maintenir la saturation de la solution métallique contenue dans l'auge à précipiter, puisque cette saturation est constamment entretenue aux dépens de l'anode qui se dissout. Dès lors, le même bain métallique peut servir indéfiniment pour une foule d'expériences consécutives.

Mais là ne se bornent pas les avantages de l'anode soluble, car en modifiant sa forme, son volume et sa distance, par rapport au moule à recouvrir, on règle à volonté la promptitude, la nature et l'épaisseur du dépôt galvanique sur l'ensemble ou seulement sur certaines parties du modèle.

Les dispositions nécessaires pour obtenir ces différents effets ont été indiquées par M. Smee (Nos 122; 154 à 163;

253, 254; 275 à 282). Il est donc inutile d'entrer ici dans de nouveaux détails à cet égard.

Nous dirons seulement que lorsqu'il s'agit de dorer, d'argenter ou de platiner, on doit employer, pour anode soluble, un fil très fin ou une lame très-mince du métal à déposer, dans la crainte d'augmenter à l'excès l'énergie du courant, et d'obtenir un dépôt à l'état pulvérulent.

Plusieurs personnes ont revendiqué la priorité de la découverte des anodes solubles, mais il est aujourd'hui démontré que cette idée, contemporaine de l'invention de la galvanoplastie, appartient à Jacoby.

§ 4. DE L'ACIDE SULFURIQUE.

Il est de la plus haute importance d'employer, pour exciter les piles, de l'acide sulfurique très-pur; car si, comme cela arrive fort souvent dans les acides sulfuriques du commerce, il se trouvait un mélange d'acide nitrique, le zinc, bien qu'on l'ait amalgamé avec le plus grand soin, serait détruit en très-peu de temps et sans avoir produit tout l'effet utile qu'on doit en attendre. Par le même motif, l'acide sulfurique qu'on emploie pour amalgamer le zinc (*voyez* ci-dessus § 2) doit aussi être exempt d'acide nitrique.

§ 5. DES AUGES A DÉCOMPOSITION.

On est quelquefois embarrassé pour se procurer des vases de forme convenable pour servir d'auges à précipiter, dans les différentes expériences que l'on veut faire. Il en résulte souvent l'obligation de préparer une quantité de solution métallique, bien plus grande que celle qui serait nécessaire pour immerger complètement l'objet à recouvrir, si la cuve à décomposition se trouvait de forme et de dimensions appropriées. Cet inconvénient est surtout sensible lorsqu'on emploie des solutions d'or et d'argent, qui sont toujours d'un prix assez élevé.

Il existe cependant un moyen bien facile de se procurer, dans toutes les localités et à peu de frais, tous les vases à décomposition dont on pourra avoir besoin. Il suffit, en effet, de les construire en bois, en fer-blanc ou en plomb; mais alors, l'intérieur de ces vases devra être soigneusement revêtu d'une couche de la composition indiquée par M. Smee au N° 119. Cette précaution est indispensable, soit pour rendre le bois imperméable, soit pour ôter au fer-blanc, ou autre métal, sa faculté conductrice, qui exercerait une influence sur l'action de la pile et sur les solutions métalliques.

On pourrait encore, à la rigueur, et dans un moment de presse, employer une boîte de carton, rendue imperméable au moyen d'une couche d'huile de lin siccative (huile grasse des mouleurs en plâtre, page 137), et revêtue, en outre, d'une couche de l'enduit N° 119. Enfin, l'auge à précipiter peut encore être construit en plâtre rendu imperméable par les mêmes moyens.

Depuis l'introduction en France de la gutta-percha, il est devenu très-facile de se procurer à un prix raisonnable des vases de formes appropriées à tous les besoins de l'électro-métallurgie. Cette précieuse matière est déjà assez connue pour que nous n'ayons pas besoin d'insister sur les avantages qu'elle présente.

§ 6. DES SOUDURES.

Nous avons indiqué un moyen facile de réunir les fils conducteurs aux éléments de la pile, à l'aide d'un petit étrier à vis d'une construction fort simple (page 341). Nous avons fait représenter, pl. II, fig. 55 à 60, plusieurs autres modèles d'étriers dont le lecteur intelligent saura facilement faire l'application, suivant les diverses circonstances qui se présenteront. Ces étriers sont le plus ordinairement en laiton, et pour en tirer tout le parti possible, il sera bon d'aviver avec soin leurs points de contact avec les fils conducteurs. Quelques-uns de ces étriers, comme les figures 56, 57, sont munis, à leur partie inférieure, d'une vis à bois qui permet *de les fixer* dans un support de cette matière, lorsque les dispositions de la batterie l'exigent.

Néanmoins, il est une foule de circonstances où il est infiniment préférable de souder à l'étain les parties qu'on veut réunir. Cette opération présente quelques difficultés, car le laiton, et surtout le cuivre rouge, ne peuvent se souder ainsi qu'autant que leur surface est parfaitement décapée. Aussi la plupart des expérimentateurs se contentaient de réunir les conducteurs à la pile avec des crochets ou au moyen de la torsion. Ce dernier procédé est insuffisant pour assurer le contact parfait des différentes pièces et la transmission du courant électrique. Voici deux moyens tellement faciles pour décaper et souder le cuivre, que chacun pourra désormais réussir du premier coup à faire des soudures parfaites.

Préparation et emploi du chlorure de zinc pour la soudure des métaux, par M. F. Werner.

On fait dissoudre des morceaux de zinc dans l'acide hydrochlorique, jusqu'à saturation. On fait évaporer ensuite le li-

quide à une douce chaleur, et lorsqu'il a acquis une consistance huileuse, on le laisse refroidir, et on l'introduit dans un flacon bien bouché à l'émeri. Il est bon d'essayer cette liqueur au papier bleu de tournesol, pour s'assurer qu'elle n'a plus aucune trace de réaction acide.

Lorsqu'on veut s'en servir pour souder, il suffit d'en humecter légèrement, avec un pinceau, les deux surfaces à réunir, préalablement grattées avec un râcloir ; on les étame ensuite facilement avec le fer à souder et un peu de soudure d'étain; puis, après les avoir mises exactement en contact, on achève la soudure soit avec le fer, soit au moyen d'une lampe à esprit-de-vin.

Soudure à la stéarine, de M. F. Lockey.

Le procédé de soudure employé par M. Lockey est encore plus simple et plus facile que le précédent, puisque chacun a sous la main la stéarine, seul corps qui soit nécessaire pour désoxyder les métaux, et déterminer leur adhérence à l'aide de la soudure d'étain.

On commencera par nettoyer les pièces qu'on veut souder soit avec un grattoir, ou même avec du papier de verre. On chauffe ensuite l'objet sur la flamme d'une lampe à esprit-de-vin, et on le frotte légèrement avec un morceau de stéarine. On applique alors, sur le point chauffé, un morceau de soudure très-mince, qui s'étend aussitôt et se combine intimement avec la surface du cuivre. La même opération est répétée sur la pièce qu'on veut souder avec la première. On maintient ensuite les deux objets en contact à l'aide d'une pince plate, on met de nouveau de la stéarine; on les chauffe simultanément, et on continue de les maintenir avec la pince jusqu'à ce qu'ils soient refroidis.

Ces deux procédés de soudure, le premier surtout, sont applicables à tous les métaux susceptibles d'être soudés à l'étain.

§ 7. DES VERNIS ET DES ENDUITS ISOLANTS.

La plupart des substances indiquées par M. Smee (Nos 139 et 141), pour rendre imperméables les moules composés de substances absorbantes, sont également propres à revêtir les parties de ces moules que l'on veut réserver, de manière à ce qu'aucune réduction de métal ne les recouvre.

Une solution de cire à cacheter dans l'esprit-de-vin peut également remplir le même but. On l'applique avec un pinceau sur le revers et sur la tranche des moules métalliques,

ou non métalliques, en un mot, sur toutes les parties que l'on veut isoler; mais il faut laisser bien sécher ce vernis avant de plonger l'objet dans le liquide.

Toutefois, il ne faut pas oublier que les substances résineuses ne résistent pas à l'action des cyanures. Lors donc que l'on opère sur des solutions de cette nature, il faut, suivant la judicieuse remarque du docteur Fau, recouvrir les parties des moules que l'on veut protéger, avec de la cire fondue, ou avec de l'asphalte dissous dans l'essence de térébenthine.

M. Gaudin recommande un vernis composé de caoutchouc que l'on fait ramollir dans de l'huile de pétrole, puis dissoudre dans de l'éther rectifié.

Une excellente réserve, inattaquable surtout aux solutions cyanurées, est celle indiquée par M. le baron Gros. Elle consiste en un vernis au copal, dans lequel on incorpore une quantité de chromate de plomb suffisante pour ne pas trop épaissir le vernis. Cette composition, appliquée au moyen d'un pinceau sur l'objet préalablement chauffé, sèche rapidement et résiste aux immersions les plus prolongées dans les bains métalliques.

§ 8. RÉSERVE POUR LA DORURE ET L'ARGENTURE GALVANIQUES, PAR ELSNER.

Il arrive fréquemment dans la dorure galvanique des objets en argent, qu'il n'y a que certaines portions des pièces qui ont besoin d'être dorées, tandis que d'autres doivent rester blanches. En conséquence, les portions sur lesquelles il ne faut pas déposer d'or doivent être recouvertes d'un enduit ou réserve. Une réserve pour cet objet doit posséder les propriétés suivantes : On doit pouvoir l'introduire jusque dans les détails les plus délicats du travail de la pièce ; elle doit sécher promptement ; ses contours ou même ses limites doivent être nettes et bien définies ; elle ne doit pas pouvoir être attaquée par les liqueurs à dorer portées à l'ébullition ; l'opération de la dorure terminée, il faut qu'on puisse l'enlever aisément, enfin elle doit être facile à préparer par tous les praticiens.

Les réserves dont on a fait connaître jusqu'à présent la composition ne remplissent que certaines et même un petit nombre des conditions qui viennent d'être énumérées, mais voici la recette d'une réserve qui paraît les réunir toutes à un degré convenable :

On prend deux parties d'asphalte et une partie de mastic pulvérisé qu'on fait fondre ensemble à une douce chaleur en

remuant continuellement jusqu'à ce que la masse ait pris un aspect uniforme et homogène; en cet état on la coule sur une planche de cuivre froide et on peut la conserver sans qu'elle éprouve de changement en l'enveloppant dans un papier ciré. Elle a, quand elle est froide, une couleur noire, un certain éclat, et est très-cassante.

Quand on veut charger une pièce avec cette réserve, on en prend une quantité suffisante qu'on fait dissoudre à une douce chaleur dans de l'essence de térébenthine, de manière que la dissolution ait à peu près la consistance d'un sirop. C'est avec cette dissolution et au moyen d'un pinceau fin qu'on charge et enduit les parties des pièces qui ne doivent pas prendre la dorure.

Quand dans la dorure, au moyen du contact du zinc, on se sert d'une dissolution bouillante d'or dans le cyanure de potassium, il est avantageux de multiplier les couches de la réserve, mais de n'en appliquer une nouvelle que lorsque la précédente est sèche.

Lorsque la dorure est terminée, on peut enlever la réserve à la surface de la pièce avec des brosses douces, sans qu'il soit nécessaire de la dissoudre de nouveau par le moyen de l'essence de térébenthine, opération qui serait fort incommode surtout s'il s'agissait de pièces volumineuses.

J'ai prié plusieurs bijoutiers de faire l'essai de cette réserve, et tous m'ont assuré qu'elle remplissait toutes les conditions qu'on peut désirer dans la pratique, qu'elle possédait les propriétés qu'on est en droit d'exiger dans tous les cas d'une bonne réserve usuelle, et par conséquent que sa composition méritait d'être connue. Ce sont ces motifs qui m'ont déterminé à en livrer la recette à la publicité (1).

§ 9. MOYEN DE MAINTENIR LES BAINS DE SULFATE DE CUIVRE CONSTAMMENT SATURÉS, PAR M. PHILIPP.

On sait combien il est important, dans la plupart des travaux galvanoplastiques, de conserver les solutions de sulfate de cuivre dans un état de saturation constante, soit que ces

(1) Depuis la publication de cette note, on a fait la remarque que, lorsqu'on employait cette réserve avec une solution très-concentrée d'or dans le cyanure de potassium (cas qui se présente du reste rarement), et qu'on appliquait la chaleur, elle n'adhérait plus avec assez de force; mais il est facile de remédier à ce défaut en ajoutant à la dissolution de cette réserve dans l'essence de térébenthine un peu de copal à l'alcool. Du reste, cette insuffisance de la réserve n'a lieu que quand on se sert d'une dissolution de cyanure de potassium, où le rapport du cyanure à l'eau est comme 1 est à 10.

solutions soient employées comme liquide excitant de la pile, comme dans celle de Daniell, soit que, renfermées dans l'auge à décomposition, elles soient destinées à alimenter la réduction du cuivre.

Plusieurs moyens ont été essayés pour atteindre ce but; ainsi l'on s'est servi de petits sachets de mousseline ou de trémies remplis de cristaux de sulfate de cuivre, et que l'on suspendait à la partie supérieure de la solution de cuivre qu'il s'agit de maintenir à l'état de saturation.

Chacun a pu se convaincre par sa propre expérience que ces moyens sont insuffisants; mais il n'en est pas de même de celui qui a été proposé par M. Philipp.

Il consiste simplement à ajouter de temps en temps à la solution cuivreuse quelques cristaux de carbonate de ce métal. Ce sel, connu sous le nom de *bleu de Brème*, se prépare facilement en précipitant une solution de sulfate de cuivre par du carbonate de soude ou soude ordinaire du commerce.

CHAPITRE III.

Des moules propres à recevoir le dépôt métallique.

Quoique M. Smee soit entré dans de grands détails sur les différentes manières d'obtenir des moules pour la galvanoplastie, ce sujet, si important pour l'électro-métallurgiste, est encore loin d'être épuisé. Il nous reste à parler de quelques matières plastiques récemment proposées; nous ajouterons quelques mots sur le clichage et sur la manière de métalliser les moules non conducteurs.

§ 1. DE QUELQUES NOUVEAUX MÉLANGES PLASTIQUES PROPRES A FAIRE DES MOULES CONDUCTEURS DE L'ÉLECTRICITÉ.

On sait que les substances qui se moulent le plus facilement, comme le plâtre, la cire, etc., ont malheureusement le défaut de ne pas être conductrices du courant galvanique. On est donc obligé de leur donner cette faculté qui leur manque, par l'application d'un enduit métallique; mais, quelque soin que l'on apporte à cette opération, il est difficile de donner à cette couche métallique une ténuité assez grande pour que les délicatesses de la gravure du sujet ne soient point altérées. On a donc eu l'idée de mélanger une substance conductrice, réduite en poudre impalpable, avec la matière dont le moule doit être formé. Voici la composition recommandée par M. Lockey, et qui lui a toujours

donné d'excellents résultats : cire et stéarine, parties égales ; plombagine lavée et tamisée, une demi-partie. On fait fondre la cire et la stéarine sur un feu doux; on y ajoute ensuite la plombagine, en remuant exactement le mélange pour bien incorporer ensemble les différentes substances. On le coule ensuite à une chaleur modérée sur les moules préalablement huilés.

M. E. Mayo emploie de préférence un mélange de cire blanche et de blanc de céruse broyé très-fin. Il assure que les moules obtenus par ce procédé sont infiniment supérieurs à tous lés autres.

§ 2. RAPPORT FAIT PAR M. TH. DU MONCEL, AU NOM DU COMITÉ DES ARTS ÉCONOMIQUES, SUR LE SYSTÈME DE REPRODUCTION ÉLECTROTYPIQUE DES OBJETS DE LA NATURE, INVENTÉ PAR M. TOUSSAINT, A CHARONNE, RUE DES AMANDIERS, 14.

« Messieurs, la reproduction électrotypique des divers détails que la sculpture emprunte à la nature pour l'ornementation, a été, depuis longtemps, l'objet de nombreuses recherches. Les uns ont cherché à surprendre la nature sur le fait en métallisant les objets eux-mêmes par les procédés galvanoplastiques; mais la difficulté de retirer ces objets de leur enveloppe métallique, et l'impossibilité dans laquelle on se trouvait de déposer une couche métallique un peu épaisse, sans rien perdre des petits détails que nous admirons tant dans les objets naturels, ont inspiré à d'autres l'idée d'avoir recours à l'opération intermédiaire du moulage. Mais comment obtenir alors un moule parfait, reproduisant dans toutes leurs finesses les petits détails de la nature? Comment placer les objets délicats dans des conditions telles qu'ils puissent être facilement moulés? Tel était le problème à résoudre, et pour y arriver, plusieurs moyens ont été employés; ainsi, quelques galvanoplastes ont cherché à obtenir directement leurs moules par la voie galvanoplastique; d'autres, parmi lesquels je citerai M. J. Menant, ont fait ces moules en plâtre au moyen d'une empreinte laissée par l'objet à mouler, sur du sable très-fin battu de manière à saisir l'objet avec les inflexions que la nature lui a donnés. Enfin, d'autres ont voulu mouler directement sur nature, soit avec de la gélatine, soit avec du collodion, soit avec de la gutta-percha, soit même avec du plâtre. C'est ce dernier procédé qu'a employé M. Toussaint; mais, pour obtenir les beaux résultats qu'il a mis sous les yeux de votre commission, il a dû non-seulement perfectionner considérablement les procédés de

moulage actuellement usités, mais encore apporter au métallisage des moules et à leur préparation à la stéarine, des améliorations qui permissent aux dépôts galvanoplastiques de profiter entièrement de la perfection des moules. Nous devons dire, toutefois, que le problème avait déjà été résolu par MM. Feuquière et Marguerite, auxquels une médaille de deuxième classe avait été accordée pour cet objet lors de l'Exposition universelle de 1855; mais leurs procédés ne sont pas connus.

Les opérations qu'exige le procédé de M. Toussaint sont de quatre sortes : 1° Le modelage, 2° le moulage, 3° le métallisage, 4° la galvanisation.

Modelage. — Pour obtenir le soutien et la fixité des objets délicats qui concourent à l'ornementation des pièces qu'il s'agit de reproduire, et en même temps pour leur donner cet aspect solide et ample qui distingue la sculpture de l'estampage, M. Toussaint applique ces objets sur une couche de cire à modeler (1), qui peut leur servir comme de doublure et qui, en raison de sa nature molle, peut se prêter à leur galbe et aux formes capricieuses qu'ils présentent. Lorsque ces objets sont des feuilles qui doivent être en relief, on découpe, à la pointe, cette couche de cire tout autour de la feuille, et celle-ci peut, dès lors, conserver toutes les inflexions qu'on lui donne. En même temps elle peut, au moyen de sa doublure de cire, être scellée en tel endroit qu'il convient et se grouper avec d'autres feuilles. Si ces feuilles ne doivent pas présenter de reliefs très-apparents, elles sont simplement appliquées sur la couche de cire.

Quand il s'agit d'animaux, tels que lézards, couleuvres, insectes, etc., etc., afin qu'ils ne présentent pas l'aspect flasque et raide que la mort leur imprime, M. Toussaint, comme M. Feuquière, les prend vivants et les endort en les éthérisant ; c'est en cet état qu'il les dispose au milieu des fleurs ou feuilles qui complètent l'ornementation, en leur donnant les positions les plus pittoresques et les plus en rapport avec l'objet dont ils font l'ornement. Il assure le maintien de leur position, au moyen de petites pointes fines qu'il enfonce dans les parties les plus ténues et les moins apparentes de leur corps.

Quant au corps de l'objet lui-même, il est construit soit en bois ou en carton-pierre, soit en terre-glaise, soit même avec des objets de diverse nature combinés ensemble de manière à présenter la forme qu'on désire.

(1) Cette cire est préparée de la manière suivante : on fait fondre au feu 1 kilogramme de cire jaune, 300 grammes de résine, 400 grammes de fécule et 100 grammes de graisse de porc.

Moulage.— Le moulage, dans le procédé qui nous occupe, est l'opération la plus délicate, car, tel qu'il est généralement pratiqué aujourd'hui, il est loin, comme nous l'avons dit, de rendre toutes les finesses de détails que la nature présente; cela tient à ce que la plupart des objets de la nature qu'on veut mouler, et en particulier les feuilles et les fruits, ne peuvent se mouiller facilement; il en résulte alors que le plâtre, au lieu de pénétrer dans toutes les petites cavités que la contexture de ces objets présente toujours, s'étend uniformément ou par gouttes à leur surface, sans reproduire, par conséquent, aucuns de leurs petits détails. Sans doute, M. Stahll, par des procédés à lui particuliers, dont vous avez reconnu l'importance, est parvenu à de très-beaux résultats sous ce rapport, mais il ne s'était guère attaché qu'à la reproduction des pièces d'anatomie, et dans ce cas l'inconvénient que nous avons signalé précédemment est moins marqué que quand on opère avec des végétaux; or, pour le faire disparaître définitivement, M. Toussaint a cherché un liquide qui pût mouiller complètement et indistinctement toutes les surfaces exposées au moulage, et le liquide qui lui a le mieux réussi a été l'alcool à 90°. Quand l'objet qu'il s'agit de mouler est convenablement préparé, M. Toussaint mouille donc au pinceau et avec de l'alcool les différentes parties qui le composent. Mais comme l'alcool pourrait empêcher le plâtre de prendre convenablement, il projette de l'eau sur ces différentes parties, et cette fois ce liquide peut s'étendre facilement.

Pendant cette première opération, M. Toussaint gâche le plâtre, qui doit être très-fin (dit à mouler) et délayé dans beaucoup d'eau, il le brasse promptement à la main, et avant qu'il ne soit complètement imbibé d'eau, il le répand sur l'objet à mouler, qui a été préparé ainsi que nous l'avons dit précédemment. De cette manière, le plâtre s'infiltre dans toutes les cavités que présente le modèle, avec d'autant plus de force qu'il tend à absorber l'eau qui s'y est infiltrée, et grâce à cette pénétration, toutes les finesses que présente la nature peuvent être rendues.

Quand le plâtre est bien pris, on retire avec précaution la cire qui soutient les différents objets moulés, puis les objets eux-mêmes, qui s'enlèvent facilement (soit à froid, soit après avoir été exposés dans une étuve), voire même les animaux dont le corps, en s'allongeant, se prête à cette extraction; le moule ainsi dégarni est ensuite mis dans une étuve pendant douze heures, puis trempé dans un bain de stéarine qui le rend apte à être plongé dans un bain galvanoplastique; mais comme la stéarine, en pénétrant dans les petites

cavités que présente le moule, pourrait les obstruer, M. Toussaint verse au dedans de ce moule de l'essence de térébenthine bouillante qui, au bout de quelques instants, le nettoie complètement. C'est alors qu'on procède à l'opération du métallisage.

Métallissage. — Jusqu'à présent la substance conductrice qu'on emploie pour rendre les moules conducteurs, est de la plombagine; mais la plombagine, par cela même qu'elle est formée d'une poussière plus ou moins grenue, pourrait, comme la stéarine, boucher les petites cavités du moulage obtenues avec un si grand soin par les procédés précédents; d'ailleurs, dans des moules aussi fouillés que ceux que M. Toussaint emploie, la main et le pinceau ne pourraient pas pénétrer partout. Il était donc important qu'on pût employer pour cette opération une substance liquide susceptible de fournir une couche d'un degré de conductibilité au moins égal à celui de la plombagine. On avait déjà, il est vrai, cherché à obtenir ce résultat au moyen d'une solution de nitrate d'argent, dont le métal était précipité à l'aide du phosphore; mais les effets avantageux de cette opération n'ont jamais été bien reconnus. Quoi qu'il en soit, après bien des essais, M. Toussaint s'en est définitivement tenu au système de métallisation par les sulfures métalliques, système déjà employé avant lui par MM. Delamotte et Christofle, et qu'il réalise au moyen d'une solution de nitrate d'argent, sulfuré par un courant d'acide sulfhydrique. De cette manière, il peut déposer au pinceau ou verser le nitrate liquide sur les différentes parties du moule, et par la sulfuration il peut s'assurer immédiatement si la métallisation de ce moule a été convenablement faite.

Galvanisation. — Les moyens que M. Toussaint emploie pour obtenir le dépôt métallique sur les moules, n'a rien de particulier; c'est le procédé ordinaire dans toute sa simplicité, et bien qu'on n'emploie pas de carcasses métalliques comme M. Lenoir, on a pu obtenir des rondes-bosses assez développées.

Si vous considérez maintenant, Messieurs, que, par suite de la simplicité de ses procédés, M. Toussaint peut fournir tel modèle qu'on désirera (en tant qu'il pourra être composé avec les éléments que la nature met entre nos mains), à un prix quinze fois moindre que celui qui serait payé aux artistes pour le même modèle sculpté, vous comprendrez immédiatement l'importance de ce procédé au point de vue des applications industrielles de la sculpture.

En raison de l'importance des résultats obtenus par

M. Toussaint, j'ai l'honneur de vous proposer, Messieurs, au nom du comité des arts économiques :

1° De remercier M. Toussaint de son intéressante communication ;

2° D'ordonner l'insertion du présent rapport dans le Bulletin de la Société. Signé : TH. DU MONCEL, rapporteur.

§ 3. DU CLICHAGE.

En exprimant le regret que M. Smee n'ait pas donné de plus grands développements à la description des procédés de clichage, nous avons renvoyé le lecteur au *Manuel du Mouleur en médailles*, de l'*Encyclopédie-Roret*, où cette opération se trouve exposée avec de grands détails.

Les produits obtenus à l'aide de la *machine à clicher*, décrits dans cet ouvrage, l'emportent sans contredit sur tous les autres ; néanmoins, comme tout le monde n'est pas à portée de se procurer cette machine (1), nous exposerons en peu de mots les procédés de clichage *à la main*, de MM. Walker et Boettger.

Procédé de M. WALKER.

On fait fondre dans une cuillère de fer bien propre 3 parties d'étain et 5 de plomb ; lorsque la fusion est complète, on y ajoute 8 parties de bismuth. Ce dernier métal se combine aussitôt avec les précédents. On verse alors l'alliage goutte à goutte sur un morceau de bois ou de pierre. Les fragments de métal sont recueillis avec soin, et après avoir bien nettoyé la cuillère, on la soumet à une deuxième et même à une troisième fusion, en mélangeant à chaque fois avec un fil-de-fer chauffé, afin que les métaux hétérogènes qui forment cet alliage soient intimement combinés entre eux. Ce métal, connu sous le nom d'alliage fusible de Darcet, fond à une température très-basse, environ 110 degrés centigrades. La flamme d'une lampe à esprit-de-vin sera donc plus que suffisante pour déterminer sa fusion. Lorsqu'on veut faire un moule, on fait fondre dans la cuillère la quantité nécessaire d'alliage ; *aussitôt* que la fusion est complète, on verse le métal dans une petite cavité pratiquée dans un morceau de bois, dans le couvercle d'une boîte de carton, ou tout autre ustensile analogue. Dès que le métal, devenu pâteux, est prêt à reprendre sa solidité, ce qu'on reconnaît lorsque sa couleur passe du brillant au mat, on laisse tomber dessus de 8 à 10

(1) Sa construction est du reste fort simple, et elle pourra être facilement exécutée par tout amateur intelligent.

centimètres de hauteur, la médaille originale qui *doit être froide*. Il faut laisser bien refroidir la masse avant de séparer la médaille du moule obtenu. Si l'on ne réussissait pas du premier coup à obtenir une empreinte parfaite, il faudrait, sans se décourager, recommencer l'opération. Une précaution qu'on ne doit jamais négliger avant de faire tomber la médaille, est de débarrasser la superficie du métal de la couche d'oxyde qui aurait pu s'y former; on y parvient facilement en agitant et en râclant le dessus du métal en fusion avec un fragment de carte à jouer.

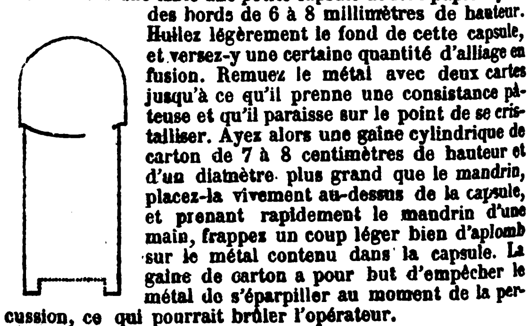
Voici maintenant un autre procédé que nous trouvons également dans l'ouvrage de Walker, et qui nous paraît bien préférable au précédent.

Formez un alliage, ainsi qu'il a été dit précédemment, avec les métaux ci-après :

Bismuth.	8
Etain.	4
Plomb..	5
Antimoine.	1

Tournez alors un mandrin cylindrique en bois et creusez, à l'une de ses extrémités, une cavité du diamètre exact de la médaille et un peu moins profonde que son épaisseur. *Voyez* la figure ci-après (1). Faites-y entrer cette médaille en l'assujettissant, s'il le faut, avec un peu de papier. Prenez ensuite l'empreinte de la manière suivante :

Placez sur une table une petite capsule de fort papier ayant des bords de 6 à 8 millimètres de hauteur. Huilez légèrement le fond de cette capsule, et versez-y une certaine quantité d'alliage en fusion. Remuez le métal avec deux cartes jusqu'à ce qu'il prenne une consistance pâteuse et qu'il paraisse sur le point de se cristalliser. Ayez alors une gaîne cylindrique de carton de 7 à 8 centimètres de hauteur et d'un diamètre plus grand que le mandrin, placez-la vivement au-dessus de la capsule, et prenant rapidement le mandrin d'une main, frappez un coup léger bien d'aplomb sur le métal contenu dans la capsule. La gaîne de carton a pour but d'empêcher le métal de s'éparpiller au moment de la percussion, ce qui pourrait brûler l'opérateur.



(1) L'ingénieux mandrin décrit dans le *Manuel du Mouleur en médailles* donnerait de bien meilleurs résultats

On peut se faire aider dans cette opération par une personne qui se chargera de remuer le métal, tandis qu'on tiendra le mandrin; le succès est alors plus certain.

Le moule ne doit être séparé de la médaille qu'après son entier refroidissement.

Méthode de clichage de M. Boettger.

L'alliage employé par M. Boettiger se compose de : plomb, 8 parties; bismuth, 8 parties; étain, 3 parties; il fond à environ 108 degrés centigrades. Lorsque la combinaison des métaux a été bien opérée au moyen de plusieurs fontes répétées, on verse une partie de l'alliage dans une petite capsule de carton, on l'agite avec un fil-de-fer chauffé au rouge, jusqu'à ce qu'il soit prêt à se solidifier, puis, au moment précis où le métal forme une pâte homogène, on y applique la médaille préalablement chauffée au point de pouvoir encore la tenir dans la main; on l'appuie alors fortement au moyen d'un tampon de bois garni d'un disque de liège, et on maintient la pression jusqu'à ce que le métal soit presque entièrement refroidi. Il faut attendre le refroidissement complet pour enlever le moule.

De ces trois procédés, nous donnons la préférence à celui qui a été indiqué en second lieu par M. Walker.

§ 4. DIVERS MOYENS DE MÉTALLISER LES MOULES NON CONDUCTEURS.

Les nombreux systèmes proposés jusqu'à ce jour pour métalliser les moules composés de substances non conductrices peuvent tous se réduire à deux : appliquer sur les moules une feuille mince de métal ou une poudre métallique assez fine pour ne point empâter la gravure; ou bien enduire la surface de ces moules d'une solution d'un sel métallique que l'on revivifie au moyen d'une réaction chimique.

Procédé de M. W. Fraser.

On fait foudre de la cire à cacheter sur un morceau de carton (*voyez* M. Smee, n° 136), on la recouvre d'une feuille d'or battu, puis on y applique le cachet ou la médaille dont on veut prendre l'empreinte, et on comprime fortement jusqu'à ce que la cire soit refroidie.

Si la cire ne se trouvait plus assez molle au moment de prendre l'empreinte, il suffirait de promener légèrement le morceau de carton au-dessus de la flamme d'une bougie.

Application des poudres métalliques.

Occupons-nous d'abord des moyens d'obtenir les poudres de bronze et d'argent nécessaires pour métalliser la surface des moules.

Les différentes poudres de bronze se trouvent facilement dans le commerce ; mais comme elles sont encore d'un prix assez élevé, voici un moyen simple de les obtenir soi-même.

Précipitez le cuivre d'une solution bouillante de son sulfate, en y ajoutant du zinc distillé ; séparez ensuite le cuivre du zinc par l'action de l'acide sulfurique étendu ; séchez enfin à une douce chaleur la poudre métallique que vous avez obtenue.

Quant à la poudre d'argent, on l'obtient en faisant bouillir du chlorure d'argent récemment préparé (1), avec de l'eau acidulée par de l'acide sulfurique et du zinc bien pur.

Voici un autre moyen, indiqué par M. Oechsle, pour obtenir l'argent en poudre à l'aide de la pile galvanique :

Après avoir lavé du chlorure d'argent jusqu'à ce qu'il ne renferme plus de traces d'acide, on le fait sécher jusqu'à consistance d'une bouillie épaisse, et on le mélange en cet état avec une solution saturée de sel marin ; on le verse alors dans une capsule ou autre vase en terre poreuse. Dans un second vase en porcelaine et assez grand pour contenir le premier, on place sur deux tasseaux en verre une plaque de zinc amalgamé, puis on y verse de l'acide sulfurique étendu de 20 à 25 fois son poids d'eau. On met alors sur la plaque de zinc deux autres tasseaux de verre sur lesquels on place le tube poreux contenant le chlorure d'argent. La lame de zinc est mise en communication avec le liquide du tube poreux, au moyen d'un fil d'argent ou de platine qui plonge dans ce dernier. Il se manifeste aussitôt une action galvanique. Au bout d'une demi-heure on remarque que le chlorure d'argent a pris une teinte grisâtre ; bientôt après il se réduit à l'état métallique. On laisse fonctionner l'appareil jusqu'à ce que tout le chlorure soit réduit, ce que l'on reconnaît lorsqu'en l'agitant, la liqueur ne prend plus une apparence laiteuse et reste parfaitement limpide ; on décante alors la solution de sel commun, et l'on fait sécher la poudre d'argent.

Ces poudres métalliques s'appliquent, avec la plus grande facilité, particulièrement sur les moules en cire, stéarine, et sur ceux en plâtre lorsqu'ils ont été imprégnés d'une des

(1) Voyez, ci-après, au Chapitre des *Bains métalliques*, la manière de préparer le chlorure d'argent.

substances indiquées nos 139 et 141. Il suffit de saupoudrer légèrement le métal en poudre sur la surface des moules, on l'étend ensuite à l'aide d'un pinceau très-doux en blaireau. Avec un peu d'habitude, on parvient en très-peu de temps à répartir la couche métallique d'une manière bien égale, et sans altérer en rien la délicatesse des sujets. On pourra, du reste consulter à cet égard ce que M. Smee a dit no 144 pour l'emploi de la plombagine.

Emploi des solutions métalliques pour métalliser les moules.

C'est encore à M. Th. Spencer que l'on doit la découverte d'un procédé qui a l'avantage de métalliser les substances non conductrices en conservant toute la finesse et toute la pureté de l'original. Nous entrerons dans quelques détails sur ce procédé et sur les perfectionnements qu'y a apportés M. Meillet.

Dans un flacon contenant un peu d'essence de térébenthine, ou d'alcool absolu (1), on met un petit morceau de phosphore; on plonge ensuite ce flacon à diverses reprises dans l'eau très-chaude, une portion du phosphore se dissoudra et se mélangera au liquide. Le flacon sera exactement bouché.

D'un autre côté, on prépare une solution étendue de nitrate d'argent cristallisé, ou bien encore de chlorure d'or ou de platine, que l'on conservera également dans un flacon.

Lorsqu'on veut métalliser un moule, on y applique, au moyen d'un pinceau très-doux, une couche d'une des solutions métalliques précitées. On verse alors dans une capsule, ou simplement dans un verre de montre, quelques gouttes de la préparation phosphorée; on chauffe doucement sur un bain de sable, et dès qu'il commence à se dégager des vapeurs, on expose à leur action le moule enduit de la solution métallique. Il change aussitôt de couleur et passe du brun au gris et au noir plus ou moins foncé; le métal est mis à nu sur toute la surface, et le moule peut être immédiatement employé.

Pour préparer ainsi de petits objets, tels que des médailles, on peut les fixer soit au fond d'un verre, d'un entonnoir, d'une cloche de verre ou autre vase, suivant leurs dimensions; on place au-dessous de ce vase la capsule qui contient la préparation phosphorée, de manière à ce que toutes les vapeurs se trouvent recueillies sous cette espèce de récipient.

(1) On peut également se servir d'éther sulfurique.

On peut même se dispenser de l'action des vapeurs de phosphore; il suffit d'exposer les moules à l'influence de la chaleur ou des rayons solaires pour déterminer la revivification du métal à leur superficie. Ce moyen n'est pas applicable aux moules en cire.

Pour réussir plus sûrement dans cette préparation, M. Meillet recommande les précautions suivantes :

Lorsque la solution métallique doit être appliquée sur des matières grasses ou résineuses, il est utile d'y ajouter un peu de gomme arabique.

On peut employer des sels de plomb, de mercure, etc., en dissolution.

On peut aussi remplacer la préparation de phosphore par un courant de gaz hydrogène qu'on fait arriver sous le récipient où est placé l'objet à métalliser.

Enfin, la solution métallique peut être revivifiée en plongeant l'objet qui en est humecté, dans une solution étendue de sulfure de potasse.

Métallisation du plâtre par le phosphore dissous dans le sulfure de carbone et le nitrate d'argent, par M. BARRESWIL (1).

Les plâtres sont d'abord immergés dans un bain de cire blanche ou jaune; cette préparation préliminaire a deux buts : d'abord, de rendre le plâtre non absorbant, ensuite de donner à la sculpture un aspect de suavité que les artistes appellent le gras. Les plâtres doivent prendre la température du bain, alors on les retire, et avec deux ou trois pinceaux secs on enlève l'excès de cire, et on laisse refroidir.

On prend ensuite :

Sulfure de carbone.	1000	gram.
Phosphore bien blanc.	250	

Peu d'instants après que l'on a jeté le phosphore dans le flacon qui contient le sulfure, il est entièrement dissous.

D'autre part on prend :

Argent en grenaille.	100	gram.
Acide nitrique pur.	200	

On fait dissoudre l'argent, on évapore l'acide, et on allonge avec 100 grammes d'eau ordinaire. Lorsque le nitrate d'ar-

(1) Cet article est emprunté à un ouvrage très-intéressant, de M. Barreswil, intitulé : *Traité des manipulations chimiques appliquées aux arts et à l'industrie* (1 vol. in-8, avec 4 planches), qui se trouve [illegible]

gent est dissous, on se munit de deux capsules pouvant contenir chacune deux litres.

On verse dans l'une la dissolution de phosphore, et dans l'autre celle de nitrate d'argent. Les quantités que j'ai indiquées sont le résultat d'un grand nombre d'expériences, et sont celles qui m'ont le mieux réussi.

Les plâtres sont maintenus par un fil de cuivre dont on laisse dépasser un bout. On les trempe dans la dissolution de phosphore, et après les avoir laissés égoutter, on les met à plat, le côté sculpté dessus, sur une plaque de tôle ou de zinc.

Lorsque tout le sulfure de carbone est évaporé, la pièce commence à dégager des vapeurs phosphoriques. C'est alors qu'il convient de la plonger dans le nitrate d'argent. Les fonds comme les saillies doivent être complètement secs avant cette immersion. Alors avec un blaireau on tamponne les fonds, les dessous, et l'on oblige ainsi la dissolution d'argent à pénétrer partout. Il ne doit pas rester un seul point sans être couvert, sous peine d'avoir un trou sur le dépôt métallique.

On sort la pièce, on la laisse égoutter, et on la suspend par le fil conducteur à un crochet que l'on a planté dans la muraille.

La présence du phosphore détermine la réduction de l'argent, qui prend bientôt la couleur qui lui est propre. On choisira ce moment pour plonger la pièce dans la cuve à décomposition et la soumettre à l'influence du fluide, comme il sera dit en son lieu. On pourrait, sans inconvénient trop réel, laisser la pièce en cet état pendant huit à quinze jours : seulement, de blanche qu'elle était, elle deviendra noire par l'évaporation de l'acide phosphoreux qui réagit sur l'argent et l'oxyde. Dans cet état, les pièces reçoivent également le métal, mais avec moins de spontanéité, par la raison que les oxydes sont moins bons conducteurs que les métaux eux-mêmes.

L'opération terminée, je vide avec précaution la dissolution de phosphore dans un flacon bouché à l'émeri, que j'ai l'habitude de tenir à la cave ou dans un grand bain d'eau. S'il arrivait que pendant le travail on en laissât tomber sur les doigts, il faudrait immédiatement les tremper dans le nitrate d'argent, afin de paralyser sur la peau l'action du phosphore, qui est très-violente et cause de graves douleurs.

Ce travail de métallisation par le phosphore doit se faire sur une table de marbre ou sur une feuille de zinc, pour éviter les accidents qui pourraient surgir de la projection de gouttelettes de phosphore sur un corps combustible. On doit

aussi rejeter les ronds de paille dont on fait usage dans les laboratoires, et surtout s'éloigner du feu, car la dissolution de phosphore est éminemment inflammable.

Si les pièces développaient une surface trop considérable, on les coucherait sur une plaque de tôle; ou, au moyen d'une tringle en fer que l'on engagerait dans leur longueur, on les supporterait entre deux tréteaux, et on passerait la dissolution de phosphore au pinceau, ainsi que celle au nitrate d'argent.

Lorsque les pièces ont été métallisées et qu'elles sont sèches, il convient de les brosser partout légèrement avec la brosse douce à chapeau qui sert pour la plombagine, et de gratter le derrière, afin de ne pas prodiguer le métal, et surtout l'électricité inutilement.

Quoique j'aie communiqué ce procédé à quelques personnes, il est peu répandu; ce qui me le prouve, c'est la note de M. Orfila, publiée dans le *Technologiste*, sur les procédés électro-chimiques, dans laquelle il n'en parle pas, quoique ce soit la plus récente publication. Dès 1843, j'employais déjà cette dissolution de phosphore, c'est avec son secours que j'ai pu reproduire en argent le charmant *groupe de la Charité*, de M. Ragoneau, sculpteur, publié par M. Hyppolite Vincent; les *médaillons* du même éditeur, connus sous le nom de *Fauste et Marguerite*; de la *Femme au Palmier*, et du *Laissez venir à moi les petits enfants*, résultats qui ont étonné beaucoup de personnes, et que j'ai pu seul obtenir jusqu'ici.

Ni la plombagine, ni les poudres métalliques, ni le moyen de M. Walker ne sont comparables à ce procédé. Quelque fouillée qu'elle soit, une pièce ainsi préparée devient immanquable, soit que l'on veuille faire des reproductions, soit que l'on veuille faire seulement des couvertures pour protéger le plâtre. L'avantage que l'on rencontre encore, c'est que le dépôt est d'autant plus agréable aux yeux, que la couche a lieu sur une surface plus unie que par l'emploi des poudres métalliques et même du graphite; malheureusement on ne peut l'appliquer aux moulages à l'acide stéarique, ni à la couverture des cristaux et porcelaines, pour lesquels il faut provisoirement s'en tenir à la plombagine.

Moyen de métalliser les objets en verre que l'on veut recouvrir de métal.

Pour recouvrir de cuivre les objets en verre, on s'était contenté jusqu'ici de les rendre conducteurs, en y appliquant une couche de plombagine que l'on faisait adhérer par l'intermédiaire d'un enduit de cire, d'essence de térébenthine, de

baume de Canada, etc. On comprend facilement que par ce moyen il était impossible d'obtenir une adhérence parfaite entre le verre et le cuivre déposé, puisque l'interposition d'une couche intermédiaire, quelque mince qu'elle fût, s'opposait toujours à un parfait contact entre les deux substances. M. Simson vient de publier un procédé fort simple qui fait presque entièrement disparaître cet inconvénient.

L'objet en verre que l'on veut recouvrir de métal est soumis à la vapeur de l'acide fluorhydrique, jusqu'à ce que sa surface prenne un aspect mat et dépoli. Il est alors facile d'y appliquer, au moyen d'une estompe de liège ou de peau, une couche excessivement mince de graphite qui y adhérera avec la plus grande force, grâce aux aspérités du verre.

Cette manière d'appliquer la plombagine peut, en outre, être employée dans une foule d'autres circonstances.

Nouveau moyen de métalliser les moules et empreintes en plâtre; par M. G. Osann.

Tous les jours on est appelé, en galvanoplastique, à prendre des moules ou empreintes avec des corps qui ne sont nullement conducteurs de l'électricité. Pour arriver au but, on a recours à trois procédés différents : 1° la masse dont on doit prendre une empreinte est mélangée à l'avance avec une matière conductrice, par exemple, du graphite fin et lévigé, puis moulée suivant les formes voulues ; 2° on enduit l'empreinte ou forme, qui consiste en un corps non conducteur, avec du graphite fin lévigé qu'on y porte avec un pinceau ; 3° on plonge la forme dans une solution du nitrate d'argent, on laisse sécher, puis on expose à l'action des vapeurs d'une solution de phosphore dans l'essence de térébenthine.

J'ai soumis à des épreuves les deux premiers procédés et trouvé qu'ils n'étaient pas applicables aux formes délicates ; mais j'ai imaginé un moyen qui coûte moins cher que le troisième procédé et qui satisfait à toutes les conditions. J'ai fait mes expériences avec des empreintes de monnaie sur plâtre. On prend une de ces empreintes, on la plonge dans une solution concentrée de sulfate de cuivre, on laisse sécher et on répète l'opération à plusieurs reprises, jusqu'à ce que le plâtre ait absorbé la plus grande quantité possible de sulfate. On fait sécher définitivement, puis on suspend ce moule par un fil, au bouchon du vase *b*, fig. 61, pl. 2, de façon à le placer à quelques centimètres environ du fond du vase. Dans celui-ci on introduit deux petits morceaux de phosphore de la grosseur environ d'un pois, et on verse dessus une solution

de potasse en quantité suffisante pour couvrir entièrement la surface des morceaux de phosphore. On applique le bouchon qu'on enduit d'un mélange fondu de parties égales de colophane et de cire afin de le rendre imperméable à l'air, on introduit ensuite dans le bouchon, dans les trous pratiqués à l'avance, les tubes *d* et *e* qu'on voit dans la figure, et on intercepte toute communication de l'air au moyen du mélange ci-dessus. Dans la fiole *a* on jette deux morceaux de zinc de la grosseur environ d'une noisette, puis on verse par l'entonnoir en verre de l'acide sulfurique étendu d'eau. Il se dégage aussitôt de l'hydrogène qui entraîne avec lui l'air contenu dans le vase *b*, on laisse le gaz se dégager à peu près un quart-d'heure, on place une lampe à esprit-de-vin simple sous le vase *b*, et on chauffe jusqu'à ce qu'il se dégage des bulles à la surface de la solution potassique. Au moyen de l'expulsion de l'air qui est chassé par le courant d'hydrogène, l'hydrogène phosphoré ne brûle pas, mais opère la décomposition du sulfate de cuivre qui pénètre l'empreinte en plâtre. Cette empreinte noircit, et lorsque le dégagement de l'hydrogène phosphoré gazeux cesse, on retire la lampe et on laisse le verre refroidir. Si on voulait prolonger le chauffage, il y aurait ce désavantage, que l'eau se précipiterait à la surface de l'empreinte, ce qu'il faut éviter. Dès que le gaz a cessé de se dégager, ce qu'on reconnait à ce qu'il ne vient plus crever de bulles à la surface de la solution potassique, on peut de rechef chauffer le vase à la lampe, jusqu'à ce que le dégagement du gaz hydrogène phosphoré recommence. La répétition une troisième fois de cette opération suffit pour imprégner l'empreinte de phosphure de cuivre.

On introduit alors l'empreinte, qui partout est devenue noire, dans un appareil galvanoplastique, où l'on opère exactement comme si c'était une médaille en métal. La précipitation du cuivre éliminé par voie galvanique est plus rapide qu'avec une médaille, parce qu'on n'a pas besoin d'un enduit d'huile ou de stéarine. Quand on retire l'empreinte, on trouve qu'il reste dans les traits fins, un peu de plâtre, qu'il est facile d'enlever en lavant avec une solution de carbonate de potasse.

CHAPITRE IV.

Du dérochage et du décapage des objets.

Presque tous les objets métalliques qui sont destinés à recevoir le bronzage, la dorure, l'argenture, etc., se trouvent recouverts à leur superficie d'une pellicule d'oxyde par le seul effet de leur exposition, même pendant quelques instants, à l'influence de l'air atmosphérique. Il importe avant tout de les débarrasser de cette couche d'oxyde, dont l'interposition s'opposerait à l'adhérence du métal que l'on veut y déposer. On y parvient en les soumettant, avant leur immersion dans la solution métallique, à diverses opérations de dérochage et de décapage qui varient suivant la nature du métal que l'on a à traiter, et suivant le but qu'on se propose.

On a souvent confondu mal à propos, dans les ouvrages techniques, le dérochage et le décapage. Quoique ces deux opérations tendent au même but, elles sont cependant distinctes l'une de l'autre. Le dérochage suppose toujours le chauffage ou recuit préalable de l'objet métallique dont on veut aviver la surface, ou son immersion dans un liquide bouillant; dans le décapage, au contraire, cet effet est obtenu soit au moyen de poudres à polir, on l'appelle alors *décapage par la voie sèche*; soit en immergeant l'objet à froid dans un liquide renfermant des acides ou d'autres réactifs propres à exercer une légère corrosion sur sa surface; il prend alors le nom de *décapage par la voie humide*.

Nous décrirons succinctement chacune de ces opérations, et nous indiquerons dans quel cas il convient de les employer soit séparément, soit réunies.

§ 1er. DU DÉROCHAGE.

On chauffe fortement la pièce à dérocher au moyen d'une lampe à esprit-de-vin ou sur un feu clair. Lorsqu'elle a atteint la couleur rouge sombre, on la retire et on la plonge dans l'acide sulfurique étendu de 8 à 10 fois son volume d'eau. On l'y laisse séjourner jusqu'à ce qu'elle prenne une belle couleur métallique bien brillante.

Lorsque les pièces ne sont pas de nature à être chauffées, par exemple, lorsqu'elles sont soudées à l'étain, on les fera bouillir pendant quelques instants dans l'acide sulfurique étendu.

Si la pièce à dérocher doit être ensuite argentée ou dorée

au mat, après l'avoir fait chauffer comme il a été dit précédemment, on la plonge un peu refroidie dans un bain d'acide sulfurique bouillant, étendu de 9 fois son volume d'eau ou bien on l'y laisse bouillir quelque temps.

Toute pièce soumise au dérochage doit, après son immersion dans l'acide, être lavée à grande eau et séchée à la sciure de bois dans une étuve.

La force et la température de la solution acidulée doivent être proportionnées à l'effet qu'on veut obtenir. M. Becquerel a parfaitement démontré que : *telle est la surface de l'objet à dorer, telle est la dorure*. Lors donc qu'on veut obtenir *le mat*, il faut, pour présenter cet aspect, que la surface de l'objet soit légèrement rugueuse; et on doit employer une solution plus énergique et d'une température plus élevée que si l'on voulait dorer *au brillant*.

Les pièces dérochées doivent toujours être soumises ensuite à un décapage avant leur immersion dans l'auge à décomposition.

§ 2. DU DÉCAPAGE PAR LA VOIE SÈCHE.

S'il s'agit simplement de bronzer des objets, suivant les méthodes qui seront indiquées au chapitre suivant, il est inutile de les soumettre d'abord au dérochage. Supposons, par exemple, que l'on veuille bronzer les empreintes de cuivre obtenues à l'aide de la pile, leur surface est ordinairement brillante et presque entièrement exempte d'oxydation. On se contentera alors de les frotter avec une brosse très-fine de bijoutier et avec de la terre pourrie, du tripoli, ou de la ponce en poudre impalpable. Les poudres employées à polir les plaques daguerriennes seront très-convenables pour cet usage. On pourra aider à l'action de ces poudres, en trempant légèrement la brosse dans une solution *très-étendue* d'acide hydrochlorique ou nitrique, ou même dans une dissolution de savon noir ou de potasse.

Quoique ce mode de décapage soit particulièrement usité pour les objets à bronzer, il peut aussi être appliqué avec le même succès aux pièces qui doivent être dorées ou argentées. M. Becquerel (*Eléments d'électro-chimie*, page 347) lui donne même la préférence sur le procédé par la voie humide ; malheureusement on ne peut l'employer sur les objets qui présentent dans leurs formes de nombreuses proéminences, comme les articles de bijouterie en faux, etc.

§ 3. DU DÉCAPAGE PAR LA VOIE HUMIDE.

Les procédés de décapage qui se rattachent à cette catégorie sont nombreux ; nous citerons seulement les plus efficaces.

Les objets qui doivent être soumis à ce mode de décapage, seront d'abord dérochés suivant ce qui a été dit précédemment. On les attache ensuite à un fil métallique et on les plonge dans un des liquides dont la formule va suivre :

Acide nitrique étendu de moitié son volume d'eau. Les pièces ne doivent y séjourner que pendant une ou deux secondes.

Acide nitrique 2 parties, acide sulfurique 1 partie, suie grasse et sel commun, de chacun 1 partie.

On peut encore supprimer la suie.

Quel que soit le mélange adopté, il faut se rappeler que les surfaces seraient promptement et profondément attaquées si les objets y séjournaient trop longtemps. On ne saurait donc apporter trop de soin et trop d'attention à cette opération. *Aussitôt* que les pièces sont retirées de la solution acide, elles doivent être lavées à grande eau à plusieurs reprises ; et, pour ne pas laisser se former une nouvelle couche d'oxyde, elles seront immédiatement placées dans le bain métallique, et la pile mise en action.

Les personnes qui craindraient d'altérer les sujets, pourront employer la méthode suivante :

On commence par faire tremper les médailles pendant une heure ou deux dans une forte solution de potasse caustique, on les brosse ensuite avec de la terre pourrie mêlée à une grande quantité d'eau, on les plonge enfin dans la préparation suivante, où elles ne doivent séjourner que une à deux secondes :

Eau.	64
Acide sulfurique.	64
Acide nitrique.	32
Acide hydrochlorique	1

On termine par un lavage à grande eau pour enlever toute trace d'acide.

Pour décaper le fer et l'acier, le docteur Fau emploie le moyen suivant :

Une petite lame de zinc est plongée dans de l'eau acidulée par l'acide sulfurique ; l'objet à décaper est mis en contact par un fil métallique avec le zinc, et plongé en second lieu dans l'acide étendu ; au bout de quelques minutes, on retire

la pièce, on la met de nouveau en contact avec le zinc, et on plonge le tout dans une solution saturée de sulfate de cuivre aiguisée d'un vingtième d'acide sulfurique. On lave ensuite à grande eau, et la pièce est soumise immédiatement à l'action galvanique, soit qu'il s'agisse d'épaissir la couche de cuivre, soit qu'on veuille la dorer ou l'argenter.

On peut encore décaper le fer et l'acier dans l'acide hydrochlorique étendu d'eau (1).

§ 4. DÉROCHAGE DU LAITON PAR VOIE GALVANIQUE.

Pour dérocher les objets en laiton, on les met en communication avec le pôle fer de la batterie de Ryhiner, qui a été décrite précédemment, et on place de même en communication avec le pôle cuivre un morceau de charbon bon conducteur, du coke par exemple; enfin on plonge l'objet et le charbon dans la liqueur ordinaire qui sert à dérocher. De cette manière il se découvre parfaitement, et prend le plus grand éclat sans être attaqué le moins du monde. Il faut seulement avoir soin que la batterie soit bien en activité.

Si on veut produire le mat, on opère d'une manière inverse, c'est-à-dire qu'on met l'article à dérocher en communication avec le pôle cuivre de la batterio. On peut obtenir les deux effets simultanément sur des pièces différentes, en se servant de l'objet qui doit être mat, comme d'électrode positif, et de l'autre comme d'électrode négatif.

Si on veut appliquer une argenture sur le mat, on frotte la surface de l'objet avec une brosse rude qu'on a plongée dans un mélange d'eau et de pierre ponce préparée.

La poudre de pierre ponce préparée, dont les fabricants de laques de Chine se servent pour donner le poli fin, est une des meilleures substances qu'on connaisse pour préparer les objets à la dorure ou à l'argenture.

Pour préparer cette poudre de ponce, on opère ainsi qu'il suit :

On place une pierre ponce pendant quelques heures dans le feu, de manière qu'elle devienne rouge dans toute son étendue; on la brise ensuite et on la broie sur un marbre à la molette, comme on fait pour les couleurs. Cette poudre de ponce donne un poli extrêmement fin et sans produire la moindre rayure, et lorsqu'on l'emploie à la brosse ou au pinceau, on peut pénétrer aisément dans tous les creux et les interstices.

(1) Voyez, plus loin, d'autres moyens de décaper le fer.

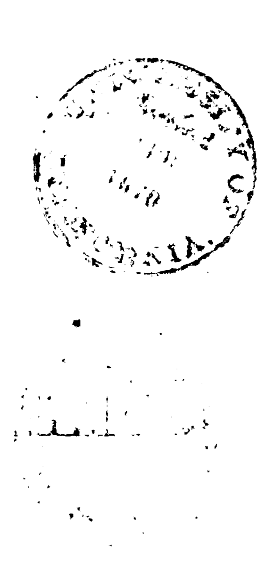
Dans toutes les dorures tant soit peu épaisses où on ne recherche pas la translucidité ou les reflets, je conseille d'employer cette poudre de pierre ponce après le dérochage, attendu que la dorure en est beaucoup plus adhérente et s'unit plus intimement avec la surface. Le dérochage simple laisse toujours quelques traces d'acide, et quoique la dorure tienne bien, elle adhère infiniment mieux quand on a enlevé jusqu'aux moindres traces de cet acide.

Moyen de décaper le laiton, par le docteur HEEREN.

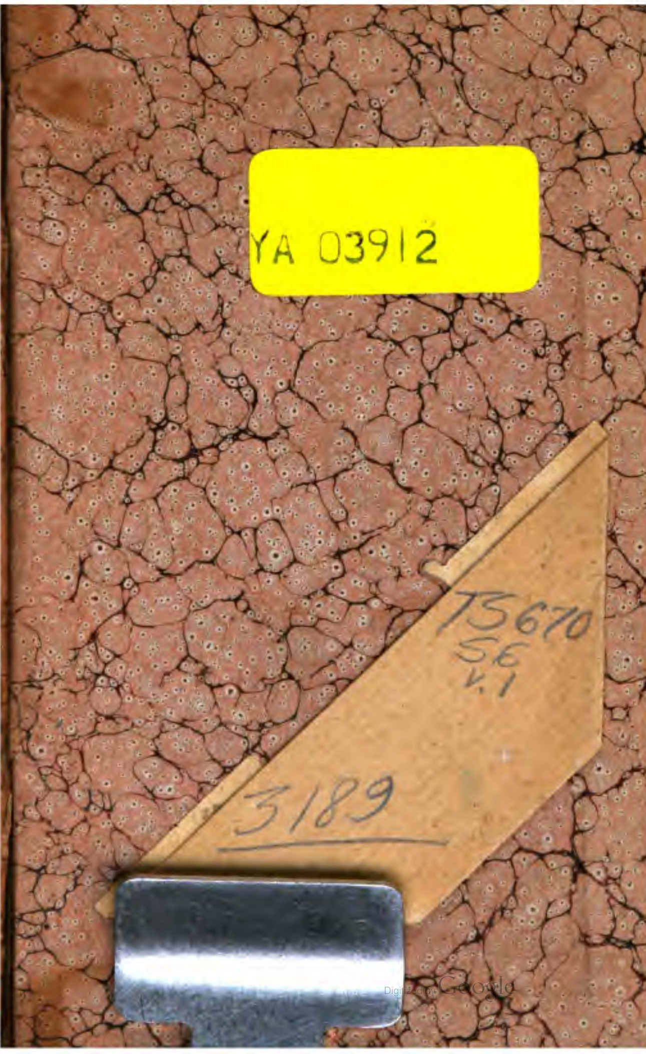
La découverte de ce moyen est due au hasard; il consiste à mêler 100 grammes de tabac en poudre dans un kilogramme d'acide azotique. On y plonge le laiton, le maillechort ou les autres alliages de cuivre, et au bout de quelques instants, ils en sortent parfaitement décapés.

FIN DU TOME PREMIER.

BAR-SUR-SEINE. — IMP. SAILLARD.







YA 03912
TS670
S6
v.1
3189
Digitized by Google

